

PIOTR FRANCUZ

Katedra Psychologii Eksperymentalnej KUL
Lublin

ZAŁOŻENIA TEORII ROZWIĄZYWANIA PROBLEMÓW HERBERTA A. SIMONA. STUDIUM KRYTYCZNE

Teoria przetwarzania informacji (*Information processing theory*) powstała pod koniec lat pięćdziesiątych naszego stulecia w USA. Jej twórcami byli: H. A. Simon, A. Newell i J. C. Shaw. Wyrosła na gruncie dyskusji prowadzonej w psychologii, zwłaszcza wokół problematyki metodologicznej. Z jednej strony potrzeba przełamania starych paradygmatów badawczych, a z drugiej gwałtowny postęp w dziedzinie technologii (zwłaszcza maszyn cyfrowych) sprawiły, że teoria przetwarzania informacji nie tylko otworzyła nowe, interesujące możliwości badawcze, ale istotnie przyczyniła się do powstania i rozwoju jednego z najnowszych nurtów w psychologii, zwanego psychologią poznawczą (Kozielecki, 1980).

Teoria przetwarzania informacji stanowi próbę opisu i wyjaśnienia procesów poznawczych człowieka rozumianych jako procesy zapamiętywania, uczenia się, rozwiązywania problemów, odkrywania reguł, nabywania pojęć, percepcji, rozumienia (Simon, 1979), a także odkrywania naukowego (Simon, 1977).

Jakkolwiek powstanie koncepcji nie wpłynęło zasadniczo na zakres problematyki podejmowanej w nowym nurcie psychologii, to jednak radykalnie zmienił się paradygmat badawczy tejże nauki. Do symulowania wyżej wymienionych procesów poznawczych wykorzystano nowoczesne maszyny cyfrowe. Zadanie jakie postawili sobie twórcy teorii polegało na skonstruowaniu programów komputerowych, które w możliwie najdoskonalszy sposób imitowałyby zachowanie człowieka w określonej sytuacji zadaniowej czy decyzyjnej. Program komputerowy miał więc pełnić funkcję modelu zachowania człowieka w określonej sytuacji.

Powstanie teorii przetwarzania informacji odbiło się szerokim echem w ówczesnym świecie nauki. Do dzisiaj zresztą nie ustały dyskusje na temat rzeczywistych możliwości maszyn cyfrowych, komputerowej symulacji procesów psychicznych i zachowania, jak również problemów związanych z konstruowaniem programów sztucznej inteligencji. Głos w tej dyskusji zabierają nie tylko epigoni przedwojennych szkół i kierunków psychologicznych, nie tylko reprezentanci orientacji filozoficznej

czy humanistycznej w psychologii (m. in. Rogers, 1978), ale również logicy, filozofowie, matematycy.

Idea mechanistycznego, deterministycznego ujęcia problematyki psychicznej człowieka nie jest nowa. Przewijała się ona niejednokrotnie przez pisma filozofów i uczonych od XVII wieku. Powracała często jako reakcja na nowe wynalazki techniczne (Apter, 1973), prawie zawsze spotykała się z ostrą krytyką współczesnych, wydaje się, że tak jest i obecnie.

We współczesnej dyskusji na temat roli teorii przetwarzania informacji jako koncepcji opisującej i wyjaśniającej mechanizmy funkcjonowania człowieka można wyróżnić dwa zasadnicze stanowiska krytyczne:

— Ujęcie matematyczno-logiczno-filozoficzne akcentujące trudności teorii z punktu widzenia ograniczeń formalizacji treści psychologicznych. Reprezentanci tego nurtu kładą nacisk m. in. na implikacje twierdzeń Godla (Nagel, Newman, 1966), na zasadnicze trudności transformacji treści języka potocznego na system sprecyzowanych jednoznacznie symboli logicznych (Fodor, 1970), możliwości reprezentacji wiedzy ludzkiej w formalnych strukturach (Dreyfus, 1979), czy też na funkcję formalnego systemu reprezentacji w procesie wnioskowania o naturze procesu, za pomocą którego został on skonstruowany (Fodor, 1978).

Dyskusję z tym ujęciem podejmują m. in.: M. A. Arbib (1964), A. Barr (1980), J. R. Lucas (1964), H. Putnam (1964), H. A. Simon (1982), T. Winograd (1980), J. Z. Young (1984).

— Ujęcie psychologiczne akcentujące m. in. trudności interpretacji wyników badań prowadzonych w ramach teorii, nadmierne uproszczenie złożonej problematyki psychologicznej, rozwlekłość programów ujmujących bardzo wąski zakres funkcjonowania człowieka (Kozielecki, 1966; Puszkin, 1970; Rozet, 1982; Tichomirow, 1976, i in.). Z kolei w ramach tego ujęcia coraz wyraźniej krystalizuje się nowy punkt wyjścia w dyskusji. Opracowana w latach osiemdziesiątych koncepcja modularności umysłu J. A. Fodora (1983) wydaje się jawnie pozostawać w opozycji do całego nurtu badawczego, wypracowanego zgodnie z założeniami teorii przetwarzania informacji.

W niniejszym szkicu postaram się zarysować szkielet teorii przetwarzania informacji w opracowaniu jednego z jej twórców — Herberta A. Simona, profesora informatyki i psychologii na Carnegie Mellon University, laureata Nagrody Nobla w dziedzinie ekonomii z 1978 roku. Zainteresowania Simona od blisko 30 już lat skupiają się, jak już wyżej zaznaczyłem, wokół problematyki modelowania procesów poznawczych człowieka za pomocą nowoczesnych maszyn cyfrowych.

Analizując założenia teorii przetwarzania informacji skoncentruję się zwłaszcza nad problematyką koncepcji rozwiązywania problemów.

Celem niniejszego opracowania jest rekonstrukcja podstawowych założeń teorii rozwiązywania problemów H. A. Simona oraz ich krytyczna

ocena na tle współczesnej dyskusji, prowadzonej wokół problemów metodologicznych i merytorycznych w psychologii. Posłużę się w tym celu metodą analizy oryginalnych tekstów Simona i opracowań teorii oraz konfrontacji ich z szeroko pojętą wiedzą psychologiczną. Postaram się tym samym odpowiedzieć na następujące pytania: Czy koncepcja Simona faktycznie wzbogaca naszą wiedzę o właściwościach myślenia człowieka? Czy opisuje i wyjaśnia je w sposób wyczerpujący, całościowo? Czy wiedzę tę dostatecznie uściśla? Czy nie zawęży się jedynie do rozwoju tzw. *computer science*, sztuki programowania czy modelowania? Czy inspiruje nowe pomysły badawcze?

W pierwszej części pracy omówię epistemologiczne i ontologiczne założenia autora teorii. W drugiej scharakteryżuję podstawowe założenia teorii rozwiązywania problemów, szczegółowo analizując znaczenia i implikacje kluczowych pojęć użytych do ich sformułowania. W trakcie prowadzonej analizy zasygnalizuję pewne trudności wiążące się z przyjmowanymi przez Simona założeniami.

1. ZAŁOŻENIA EPISTEMOLOGICZNE I ONTOLOGICZNE TEORII PRZETWARZANIA INFORMACJI

Analizę teorii rozpocznę od przedstawienia pewnych ogólnych sformułowań H. A. Simona — podkreślanych przezeń wielokrotnie — wyznaczających jego postawę filozoficzną (czy też światopoglądową) wobec funkcji techniki, metodologii nauki czy nauki w ogóle, stawianych w kontekście zdobyci cywilizacji 2 połowy XX wieku. Po pierwsze, twierdzi on, że wiedza naukowa i jej praktyczne konsekwencje, a nie filozoficzne spekulacje, wyznaczają granice technicznej realizowalności. Po drugie, wyraża mocne przekonanie, iż komputery w najbliższej przyszłości będą zdolne sprostać każdej pracy, którą może wykonać człowiek. Pierwsze z powyższych założeń wyznaczy pragmatyczną postawę Simona w dziedzinie filozofii, drugie — radykalną w dziedzinie techniki (Simon, 1982).

Praktycznie nie sposób obecnie rozdzielić powyższych postaw, warunkują się one wzajemnie. O ile konsekwencją pragmatycznego ujmowania problematyki komputerowej symulacji procesów poznawczych człowieka może być optymistyczne stwierdzenie prawie nieograniczonych możliwości maszyn cyfrowych, o tyle to stwierdzenie może być uzasadnione tylko wtedy, gdy odejdzie się od filozoficznych spekulacji na jego temat, pozostawiając prymat w jego udowodnieniu ekspertom z różnych dziedzin nauki.

Jako pragmatyk Simon twierdzi, że argumenty natury filozoficznej, dowodzące zasadniczych ograniczeń możliwości symulacji procesów psychicznych człowieka za pomocą maszyn liczących, są nie dość przekonujące. Jedynie gruntowne badania empiryczne mogą ostatecznie tego

rodzaju ograniczenia (o ile takowe w ogóle istnieją) wyznaczyć. Innymi słowy, nie filozofom, lecz ekspertom w dziedzinie technik komputerowych, informatykom i psychologom przyznaje pierwszeństwo w formułowaniu zasadnych odpowiedzi na pytanie o rzeczywiste możliwości komputerów.

Wydaje się, że takie postawienie problemu przez Simona budzi pewne wątpliwości, zwłaszcza w kontekście twierdzeń sformułowanych przez Godła (Nagel, Newman, 1966; Kemeny, 1987). Ponadto, jak sądzę, empiryczne podejście do problemu możliwości symulacji procesów psychicznych na komputerze jest swego rodzaju unikiem, a nie argumentem podważającym zasadność twierdzeń. O ile można założyć, że w przyszłości zastosowanie maszyn cyfrowych wielce przysłuży się do zrozumienia pewnych procesów poznawczych człowieka, o tyle nieuzasadnione wydaje się twierdzenie, jakoby możliwości, o których mowa, były prawie nieograniczone.

Szczegółowa analiza założeń pragmatyzmu przedstawionych w ich klasycznej formie przez W. Jamesa (1957), która w tym miejscu byłaby prawdopodobnie uzasadniona ze względu na uderzającą ich zbieżność z poglądami wygłaszanymi przez Simona, jak również szeroka dyskusja na temat wniosków, do których one uprawniają, z oczywistych względów w niniejszym szkicu musi być pominięta. Pozwolę sobie tylko zwrócić uwagę na pewne interesujące spostrzeżenia, które jawią się już we wstępnej fazie analizy prac Simona.

Pobieżny tylko przegląd tytułów jego licznych publikacji z zakresu psychologii pozwala wysunąć przypuszczenie, że ich autor jest wyrazicielem idei, jakoby procesy poznawcze człowieka modelowane przez programy komputerowe pozwalały przede wszystkim na lepsze, głębsze poznanie prawdziwego oblicza tych zjawisk. Z tekstu jednego z jego artykułów wynika natomiast, iż „zasadniczą właściwością tych programów jest nie to, że dają one ogólny zarys rozumienia postępowania przy rozwiązywaniu problemów (choć zapewniają one to również), ale to, że ostatecznie dowodzą z pełną jasnością, że swobodne zachowanie odpowiednio inteligentnego człowieka można rozumieć jako wynik działania złożonego, ale skończonego i zdeterminowanego zbioru praw” (Newell, Simon, 1972, s. 290).

Tego rodzaju wniosek wydaje się nieprzypadkowy. Można go bowiem zinterpretować następująco: procesy rozwiązywania problemów przez ludzi muszą przebiegać na podstawie skończonego i zdeterminowanego zbioru praw, ponieważ w inny sposób nie dałoby się ich programować dla maszyny cyfrowej. Innymi słowy, to co Simon uznaje za empiryczne uzasadnienie swojej koncepcji, musiało być przez niego pierwotnie przyjęte jako założenie deterministycznego funkcjonowania człowieka.

Z powyższego nie wynika oczywiście, że nie można rozumieć zachowania ludzi rozwiązujących problemy jako „wyniku działania złożonego ale skończonego i zdeterminowanego zbioru praw”. Niemniej rodzi się

pewna wątpliwość co do trafności tego sformułowania. Na gruncie wysoce rozwiniętych nauk, takich jak np. fizyka, uczeni coraz częściej odchodzą od mechanistycznego, deterministycznego ujmowania badanych przez siebie zjawisk. Wynika to z coraz mocniej uzasadnionego twierdzenia, iż nauka może wyjaśniać i przewidywać rzeczywistość tylko z pewnym prawdopodobieństwem.

Simon jakby ignoruje tego rodzaju zastrzeżenia i twierdzi nawet, że burzenie mitu o wyjątkowości natury ludzkiej zapoczątkowane przez Kopernika i Galileusza, a kontynuowane poprzez teorie Darwina i Freuda, nadal dokonuje się przez wnioski płynące z badań nad komputerową symulacją procesów psychicznych i zachowania ludzkiego. „Z chwilą rozpoczęcia budowy mechanizmów, które myślą, uczą się, ludzie przestali być jedynym gatunkiem mającym zdolność całościowego, rozumnego oddziaływania na swe otoczenie” (Simon, 1982, s. 62).

Niewątpliwie podstawowe znaczenie w koncepcji Simona ma stwierdzenie analogii między funkcjonowaniem człowieka i komputerem. Ponad dwudziestoletnia historia badań nad komputerową symulacją procesów poznawczych dostarczyła wielu dowodów na uwyrażnienie tej analogii. Simon sformułował ją w postaci podstawowej hipotezy teorii rozwiązywania problemów. „Procesy myślowe człowieka łączące się z rozwiązywaniem problemów są sterowane przez program, który powoduje, iż niezliczone procesy informacyjne — lub jak kto woli, procesy realizujące działania na symbolach — zostają uporządkowane w pewien złożony ciąg. Struktura tego ciągu zmienia się, gdyż adaptuje się ona zarówno do otoczenia, w którym dany proces zachodzi, jak i do wskazań wynikających z analizy tego otoczenia, prowadzonej w trakcie rozwiązywania zadania. Tego samego typu programy mogą być napisane dla komputera” (Simon, 1982, s. 106).

2. SZKIELET TEORII ROZWIĄZYWANIA PROBLEMÓW ZAŁOŻENIA SZCZEGÓŁOWE

Zasadniczy kształt teorii rozwiązywania problemów Newell i Simon (1972b) ujmują w postaci czterech poniższych założeń:

„1. Kilka i tylko kilka ogólnych właściwości systemu przetwarzania informacji przez człowieka jest niezmiennych w odniesieniu do każdego zadania i rozwiązującego problem.

2. Na podstawie tych właściwości można stwierdzić, że zadanie jest reprezentowane (w systemie przetwarzania informacji) jako przestrzeń problemowa oraz, że rozwiązywanie problemu zachodzi w ramach tej przestrzeni.

3. Struktura zadania określa możliwe struktury przestrzeni problemowej.

4. Struktura przestrzeni problemowej określa możliwe strategie, które mogą być użyte do rozwiązania problemu”.

Zanim przejdę do szczegółowego rozpatrzenia założeń, chciałbym na moment zatrzymać się na pierwszym z nich. Wydaje mi się konieczne w tym miejscu dopowiedzenie, o jakie to niezmiennie, ogólne właściwości chodzi Simonowi, tym bardziej że w dalszej części szkicu nie będę już do niektórych powracał. Otóż w odniesieniu do człowieka rozwiązującego problem podstawową właściwością jego systemu przetwarzania informacji jest sekwencyjność (nie paralelność) wykonywanych przezeń operacji w procesie rozwiązywania problemu. Zagadnienie to zostało już przeze mnie poruszone w poprzednim paragrafie. Druga i trzecia z podstawowych, ogólnych i niezmiennych charakterystyk systemu przetwarzania informacji przez człowieka dotyczy właściwości procesów zapamiętywania informacji w STM i LTM; zostaną one omówione w poniższym paragrafie, dotyczącym systemu przetwarzania informacji.

Podstawową, niezmienną i ogólną właściwością każdego zadania jest to, że ma ono swoistą dla siebie strukturę, która dopuszcza lub unieemożliwia stosowanie takich, a nie innych operacji w celu jego rozwiązania (Simon, Newell, 1971).

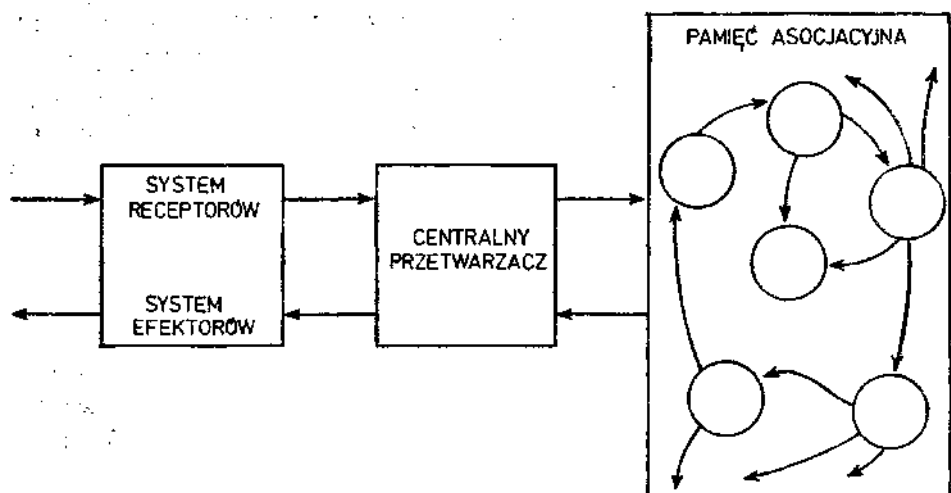
Obecnie przejdę do bardziej szczegółowego rozpatrzenia wszystkich założeń. Omawiając je kolejno postaram się podać dokładne wyjaśnienia poszczególnych terminów, zwrócę także uwagę na pewne problemy wynikające z ich przyjęcia.

2.1. SYSTEM PRZETWARZANIA INFORMACJI

System przetwarzania informacji (*Information processing system* — IPS) jest to symboliczna, przestrzenna i dynamiczna reprezentacja struktury organizmu ludzkiego (a zwłaszcza centralnego układu nerwowego) i psychicznych funkcji, jakie na bazie tej struktury zachodzą, oraz *hardware* (sprzętu komputerowego) i *software* (oprogramowania) komputera. System przetwarzania informacji, skupiając w sobie podstawowe elementy strukturalne i funkcjonalne mózgu i komputera, „stanowi podstawę konstruowania modeli myślenia, uczenia się i rozwiązywania problemów przez ludzi” (Newell, Simon, 1965, s. 144).

IPS jest „zbudowany” z trzech struktur: systemu receptorów i efektorów, centralnego przetwarzacza informacji (*central processor* — CP) oraz pamięci asocjacyjnej (*association memory* — AM), ryc. 1. Każdemu z elementów systemu odpowiadają określone struktury organizmu ludzkiego i komputera.

Struktura receptorów i efektorów jest reprezentacją komórek receptorowych i efektorowych u człowieka oraz wejścia (*input*) i wyjścia (*output*) w komputerze. Centralny przetwarzacz reprezentuje mózg, a ściślej te jego struktury, które stanowią bezpośrednią podstawę procesów transformacji informacji podczas rozwiązywania problemów przez człowieka oraz arytmometr i jednostkę sterującą w komputerze. Pamięć



Ryc. 1. Blokowy schemat systemu przetwarzania informacji (według Newell, Simon, 1965, s. 144)

asocjacyjna reprezentuje struktury leżące u podstaw procesów zapamiętywania informacji u człowieka oraz pamięć wewnętrzną i zewnętrzną komputera.

Zgodnie z rozumowaniem Simona, jeżeli jakiś element strukturalny IPS reprezentuje odpowiadający mu element struktury rzeczywistej, znaczy to, że procesy, które na bazie tej struktury mogą przebiegać, mają charakter analogiczny do procesów przebiegających w rzeczywistości — w organizmie ludzkim czy w komputerze. Tak więc na bazie każdej z wyżej wymienionych struktur zachodzą określone procesy. Sieć receptorów i efektorów komunikuje IPS ze środowiskiem zewnętrznym, CP odbiera i wysyła informacje od i do receptorów i efektorów, jak również manipuluje pamięcią oraz przetwarza informacje w procesie rozwiązywania problemów, AM — magazynuje informacje.

Pamięć asocjacyjną można graficznie przedstawić jako sieć. Węzłom sieci odpowiadają informacje zakodowane w postaci symboli. „Nici” łączące węzły w sieci, to w AM połączenia między symbolami, umożliwiające docieranie do każdego z nich.

Pamięć systemu dzieli się na pamięć długotrwałą (*long-term memory* — LTM) i pamięć krótkotrwałą (*short-term memory* — STM). LTM jest podstawą względnie trwałego magazynowania informacji. Zasadniczo ma nieograniczoną pojemność. Składają się na nią informacje reprezentowane w postaci symboli zorganizowanych w strukturę asocjacyjną. STM jest ograniczona do bardzo małych rozmiarów. Służy do przechowywania w ciągu krótkiego czasu około siedmiu „porcji” (*chunk*). Porcja jest to jednostka pojemności STM obejmująca kilka wyrazów lub fonemów, którymi CP może posługiwać się bezpośrednio, wyciągając je z STM w przeciągu kilkuset milisekund (Simon, 1974).

STM łączy centralny przetwarzać z LTM. Choć procesy odzyskiwania informacji z STM i LTM przebiegają w granicach kilkuset milisekund, magazynowanie ich w STM jest znacznie krótsze niż w LTM. Procesy wprowadzania nowych informacji oraz tworzenia się nowych połączeń między symbolami w LTM przebiegają w ciągu 5–10 sekund (Newell, Simon, 1967). Zapisy w pamięci asocjacyjnej nieustannie podlegają pewnym modyfikacjom w wyniku wprowadzenia do systemu nowych danych.

Rolę bezpośredniego modyfikatora pamięci odgrywa centralny przetwarzacz informacji posługujący się w tym celu następującymi operacjami: a) odnajduje potrzebne symbole za pośrednictwem określonych połączeń; b) tworzy nowe połączenia między symbolami; c) usuwa połączenia już istniejące; d) tworzy nowe symbole; e) usuwa niektóre symbole (Newell, Simon, 1965).

Centralny przetwarzacz jest zasadniczą strukturą, która wzbudzona umożliwia rozwiązywanie problemów. Oprócz przeprowadzania wyżej wymienionych operacji w stosunku do pamięci CP potrafi wykonywać następujące funkcje: a) na krótko zapamiętywać małą liczbę symboli uzyskiwanych z pamięci za pomocą określonych elementarnych operacji; b) wykonywać sekwencje elementarnych procesów transformacji; c) różnicować symbole i działać w zależności od ich rodzaju; d) przeprowadzać kolejno określone procesy w zależności od ich miejsca w hierarchii (Newell, Simon, 1965).

Ostatnią z wyżej wymienionych struktur IPS jest system receptorów i efektorów. Pełni on funkcje odbierania informacji z zewnątrz oraz wysyłania jej w formie przetworzonej poza system. Receptory przyjmują taką liczbę informacji, jaka zostanie im przekazana. Nie przetwarzają jej tak, jak ma to miejsce w przypadku komórek receptorowych w układzie nerwowym. Komórki te bowiem stanowią już pewnego rodzaju selektor informacji, a nawet mogą one przeprowadzać pewne elementarne procesy transformacji (Gołąb, Traczyk, 1981). Efekторы pełnią funkcję wyprowadzania przetworzonej informacji poza system.

System przetwarzania informacji (jako całość) ma jeszcze jedną ważną właściwość — jest adaptacyjny. Oznacza to, że można posługiwać się nim zarówno przy konstrukcji programów komputerowych symulujących, np. procesy rozwiązywania etudy szachowej, jak również przy symulowaniu, np. elementarnych procesów spostrzegania.

Podsumowując, IPS jest uniwersalną, powstałą na gruncie cybernetyki koncepcją, znajdującą zastosowanie przy okazji badania wszystkich procesów poznawczych człowieka, które można ująć z punktu widzenia przetwarzania informacji.

Bardzo istotną wadą koncepcji systemu przetwarzania informacji jest to, że nie można się nim posługiwać w opisie i wyjaśnianiu systemu emocjonalno-motywowego (Kozielecki, 1966). Okazuje się, że pełni on

bardzo ważną funkcję w procesie rozwiązywania problemów. O. K. Tichomirow, na podstawie badań wykazał, że „mechanizm aktywacji emocjonalnej jest niezbędny do wykonania pracy umysłowej” (1976, s. 242). Twierdzi ponadto, że próby symulowania procesów emocjonalnych na maszynach cyfrowych (podejmowane m. in. przez Simona) w dużym stopniu upraszczają funkcję emocji w procesie rozwiązywania problemów. Simon definiuje emocje jako „zdolność do reagowania na pilne potrzeby w odpowiednim momencie” (1967, s. 39). Wydaje się, że zbytnie uproszczenie mechanizmu emocji — jakkolwiek wynikające z ograniczeń sformalizowanego języka programowania — w znacznym stopniu zubaża pełne zrozumienie procesów rozwiązywania problemów przez ludzi.

2.2. ZADANIE

Zadanie¹ (*task*) jest to pewien stan rzeczy pozostający w określonej relacji w stosunku do podmiotu, który na tenże podmiot wpływa w sposób mobilizujący do podjęcia, tj. rozwiązania go. W języku teorii informacji zadanie jest to pewien zestaw informacji (danych), które narzucają się bądź są narzucane systemowi przetwarzania informacji w celu transformacji ich za pomocą określonych procedur na inne (żądane), określające, co stanowi rozwiązanie problemu. Na zadanie składa się zatem zestaw danych informacji, obwarowanych szeregiem ograniczeń w stosunku do ich przetwarzania, oraz żądane informacje, które stanowią efekt procesu przetwarzania danych. W zadaniu niewiadomą jest sekwencja procesów, które trzeba wykonać, aby je rozwiązać.

Systematyzując wiedzę o typach zadań posłużę się ich podziałem zaproponowanym przez Kozieleckiego (1966). Rozróżnia on następujące rodzaje złożonych zadań: a) otwarte—otwarte, gdy nie znane są hipotezy dotyczące rozwiązania oraz metody rozwiązywania; b) otwarte—zamknięte, gdy nie znane są hipotezy dotyczące rozwiązania, natomiast znane są metody rozwiązywania, spośród których rozwiązujący problem musi wybrać odpowiednią (lub odpowiednie) do rozwiązania; c) zamknięte—otwarte, gdy dany jest skończony zbiór możliwych rozwiązań, natomiast nie znane są metody rozwiązywania; problem polega na wytworzeniu odpowiedniej strategii myślenia i wyborze jednego spośród możliwych rozwiązań; d) zamknięte—zamknięte, gdy dany jest skończony zbiór możliwych rozwiązań oraz metody rozwiązywania, zaś problem polega na wyborze tak rozwiązania, jak metody.

Odnosząc do powyższej klasyfikacji te rodzaje zadań, które najczęściej rozwiązywały osoby badane w eksperymentach przez Simona (łami-główki, gry planszowe, zadania z fizyki, algebry itp.), należałoby je zasadniczo zaliczyć do dwóch ostatnich kategorii podziału. Niemniej Si-

¹ Termin „zadanie” jest rozumiany synonimicznie w stosunku do terminu „problem”.

mon twierdzi, że wyniki badań prowadzonych nad tego rodzaju problemami można ekstrapolować na inne grupy (Bradshew, Langley, Simon, 1983). Skądinąd wydaje się problematyczne, aby procesy twórczego myślenia leżące u podstaw np. odkrywania nowych praw w nauce, które to problemy należałoby zaliczyć do pierwszej grupy zadań otwartych— otwartych, rządziły się takimi samymi prawami, jak procesy rozwiązywania problemów należących do trzeciej czy czwartej grupy zadań.

2.3. PRZESTRZEŃ PROBLEMOWA

W sytuacji zadaniowej CP konstruuje (na bazie LTM) poznawczą reprezentację zadania. Jest to tzw. przestrzeń problemowa, czyli symboliczna, indywidualna dla każdego systemu przetwarzania informacji struktura, reprezentująca zadanie. Graficznie, podobnie jak pamięć, przypomina ona sieć. „Każdy węzeł sieci w przestrzeni problemowej można rozumieć jako możliwy stan wiedzy, do którego rozwiązujący problem może dotrzeć; stan wiedzy jest po prostu tym, co rozwiązujący problem wie (lub może wiedzieć) na temat problemu w określonym odcinku czasu — wie w znaczeniu, że ma dostęp do informacji [zakodowanej w LTM — P. F.] i może ją wydobyć w ciągu kilku sekund” (Simon, Newell, 1971, s. 151).

Simon wskazuje na dwojake rozumienie pojęcia przestrzeni problemowej. Pierwsze, zasygnalizowane powyżej, odnosi się do subiektywnej reprezentacji zadania, jaką wytwarza sobie konkretny IPS. Drugie dotyczy możliwości skonstruowania obiektywnej przestrzeni problemowej konkretnego zadania. Jest ona rozumiana jako reprezentacja zadania, którą może sobie skonstruować „wszechobejmujący obserwator” (*omniscient observer*). Ów hipotetyczny obserwator jest zdolny niejako wykreślić całą mapę poznawczą problemu, uwzględniając w niej wszystkie możliwe stany wiedzy i operacje służące do ich osiągnięcia. Przykładowo obiektywna przestrzeń problemowa kryptogramu DONALD + GERALD = ROBERT obejmuje 9!, tj. 362880 możliwych podstawień cyfr od 0 do 9 za litery. W szachach rozmiar przestrzeni problemowej osiąga niewyobrażalną wręcz liczbę możliwych ruchów, którą A. de Groot szacuje na około 10^{120} (por. Simon, Newell, 1971).

Takiej przestrzeni problemowej z całą pewnością nie potrafi wytworzyć sobie żaden konkretny człowiek, ani nawet komputer. Zatem przestrzeń problemowa przezeń skonstruowana musi mieć znacznie mniejsze rozmiary. Na tyle małe, by mógł mieć jej obraz (bądź jego istotne fragmenty) stale jakby „przed oczyma”, oraz na tyle duże, aby wystarczały mu do rozwiązania zadania. Innymi słowy, w procesie rozwiązywania zadania przez konkretny IPS centralny przetwarzacz nie konstruuje i nie przeszukuje całej przestrzeni problemowej, po której może się poruszać. Zawęża ją do takich rozmiarów, które uzna za wystarczające do rozwią-

zania zadania. Pojęcie przestrzeni problemowej na użytek psychologicznej teorii należy zatem rozumieć w sensie subiektywnych jej rozmiarów.

Drugim wymiarem (oprócz rozmiaru), jakim charakteryzuje się przestrzeń problemowa, jest jej kształt. Obiektywna przestrzeń problemowa przyjmuje kształt bardziej czy mniej regularnej sieci. „Wszechobjmujący obserwator” widzi wszystkie węzły (stany wiedzy) oraz połączenia między nimi. Nieco inny kształt przybiera subiektywna przestrzeń problemowa. Powstaje ona na bazie obiektywnej przestrzeni problemowej, ale nie obejmuje wszystkich węzłów i połączeń. Graficznie przypomina ona drzewo dendrytyczne, tak też tę strukturę nazwano. Kozielecki (1966) używa terminu „drzewo algorytmu” lub „drzewo struktury rozgałęzionej”.

Istnieje sześć źródeł informacji warunkujących konstrukcję przestrzeni problemowej w konkretnym systemie przetwarzania informacji: a) instrukcja zadania, która w mniej lub bardziej kompletny sposób opisuje elementy środowiska zadaniowego oraz stanowi swego rodzaju pamięć zewnętrzną (np. w odniesieniu do formy szachownicy); b) uprzednie doświadczenia z takimi samymi zadaniami; c) uprzednie doświadczenia z analogicznymi zadaniami lub ich fragmentami; d) ogólne programy rozwiązywania wielu różnych problemów zmagazynowane w LTM; e) programy zmagazynowane w LTM służące kombinowaniu danych z instrukcji zadania z innymi informacjami zakodowanymi w pamięci w celu konstrukcji przestrzeni problemowej i programów rozwiązywania problemu w konkretnej sytuacji zadaniowej; f) informacje napływające w procesie rozwiązywania problemu, które mogą wpłynąć na zmianę przestrzeni problemowej (Simon, Newell, 1971).

Powyższe źródła informacji dostarczają centralnemu przetwarzaczowi przesłanek do konstrukcji rozsądnej — co do rozmiaru, i optymalnej — co do kształtu struktury przestrzeni problemowej.

2.4. STRATEGIA

Strategia to ciąg elementarnych lub ogólnych procesów, które muszą być wykonane, aby zadanie zostało rozwiązane. W literaturze psychologicznej rozróżnia się dwa typy ogólnych strategii rozwiązywania problemów: algorytmiczną i heurystyczną.

„Algorytm jest to niezawodny przepis, który określa, jaki skończony ciąg operacji należy kolejno wykonać, aby rozwiązać wszystkie zadania określonej klasy” (Kozielecki, 1966, s. 35). Algorytm charakteryzuje się niezawodnością, tj. zawsze prowadzi do właściwego rozwiązania zadania, oraz określonością, tj. nie dopuszcza subiektywnej interpretacji.

„Heurystyki to reguły, wskazówki, taktyki, tricki, intuicje, które regulują przebieg procesu poszukiwania rozwiązania, lecz nie gwaran-

tuż osiągnięcia pożądanego wyniku" (Kozielecki, 1966, s. 33). W przeciwieństwie do algorytmu heurystyka charakteryzuje się nieniezawodnością, tzn. nie musi skutecznie prowadzić do rozwiązania zadania, oraz niedookreślonością, czyli dopuszcza możliwość indywidualnej interpretacji procesu rozwiązywania problemu. Człowiek posługuje się strategią heurystyczną zawsze wtedy, gdy nie jest mu znany (bądź w ogóle nie istnieje) algorytm rozwiązania zadania, przed którym stanął. Mimo wielu stopni swobody, charakteryzujących heurystyczną strategię rozwiązywania problemów, nierzadko jest ona jedyną drogą do rozwiązania zadania. Co ciekawe, zdarza się, że jest to droga znacznie lepsza, bardziej ekonomiczna niż posługiwanie się algorytmami.

Wobec wniosku, do jakiego dochodzi Simon (1982), twierdząc, że „złożoność procesu rozwiązywania problemów [...] jest wynikiem stosunkowo nieskomplikowanych oddziaływań zachodzących między olbrzymią liczbą niezwykle prostych elementów podstawowych" (s. 102), można mieć wątpliwość, czy autor nie rozumie procesu heurystycznego jako ciągu elementarnych algorytmów. Z drugiej strony, jeśli odwołać się do powyższej definicji heurezy J. Kozieleckiego, to trudno podejrzewać, aby heurystyczną zasadę rozwiązywania problemów przykładowo brzmiącą: „Jeśli nie możesz rozwiązać zadania, odłóż je na jakiś czas, oraz starając się o nim nie myśleć, zajmij się czymś innym", można było zapisać w programie komputerowym oczekując, że po upływie jakiegoś czasu maszyna, na wzór archimedesowego: heureka!, poda nam właściwe rozwiązanie zadania. Kozielecki zauważa również, że „specjaliści zajmujący się konstruowaniem programów sztucznej inteligencji coraz częściej konstruują heurystyki, które ze względu na stopień precyzji przypominają algorytmy" (1966, s. 34–35).

Z racji tego, że Simona interesują bardziej procesy heurystyczne (jakkolwiek zdefiniowane przez niego nieco odmiennie od ogólnie przyjętego rozumienia tego pojęcia), poniżej rozpatrzę pojęcie strategii heurystycznej, tak jak wynika to z jego teorii rozwiązywania problemów.

Strategia jest sposobem przeszukiwania przestrzeni problemowej przez centralny przetwarzacz. Składają się na nią dwa rodzaje decyzji, które podejmuje rozwiązujący problem.

Pierwszym jest wybór określonego węzła (elementu przestrzeni problemowej), który ma być osiągnięty w celu zmniejszenia „odległości" między danymi z instrukcji zadania a jego rozwiązaniem. Przykładowo, w sytuacji gry w szachy wybór węzła jest równoznaczny z wyborem takiego stanu rzeczy (układu bierok na szachownicy), który jest optymalny z punktu widzenia dania mata przeciwnikowi. Innymi słowy, gracz winien zadeklarować się co do realizacji pewnego kroku w celu osiągnięcia określonego podcelu. Podcel to taki stan rzeczy, którego osiągnięcie (zdaniem rozwiązującego problem) jest w danej sytuacji najkorzystniejsze z punktu widzenia rozwiązania zadania.

Drugim typem decyzji jest wybór operatora spośród zbioru operatorów, którymi dysponuje IPS. Operator jest to narzędzie służące likwidowaniu różnicy między węzłami. Jeżeli na szachownicy jest sytuacja x_1 i jeżeli szachista uzna, że bardzo przydatne z punktu widzenia celu X (zamiatowania przeciwnika) jest, aby na szachownicy zaistniała sytuacja x_2 , to posługując się odpowiednimi do tego przekształcenia operatorami, tj. regułami określającymi możliwe ruchy bierek na szachownicy, wykonuje te ruchy. Rozwiązujący winien zatem podjąć decyzję co do wykorzystania takich operatorów, które pozwolą mu na osiągnięcie takiego podcelu czy celu, jaki zamierzał osiągnąć.

Wyżej zasygnalizowane różnice między węzłami są to wielkości charakteryzujące relacje między nimi. Zadaniem operatorów jest redukcja tych różnic. W procesie rozwiązywania problemów mogą zaistnieć również różnice między węzłami i operatorami. Wynikają one stąd, że nie każdy operator w równym stopniu nadaje się do połączenia dwóch węzłów. Czasem zdarza się, że nie ma takich operatorów, które mogłyby zmniejszyć różnicę między dwoma węzłami, np. sytuacja patowa na szachownicy. Nierzadko w sytuacji braku operatorów pozostaje zmienić węzeł, który ma być osiągnięty.

Strategia rozwiązywania problemów zakłada, że rozwiązujący problem w każdej sytuacji wyboru węzła (podcelu) kieruje się zmniejszeniem różnicy między osiągniętym podcelem a celem ostatecznym. Musi on brać również pod uwagę wielkość różnicy między poszczególnymi węzłami. „Różnice służą jako ewaluatory węzłów (tzw. testy progresji) oraz jako kryterium wyboru operatora odpowiadającego różnicom. Progresja jest to proces osiągania węzła różniącego się mniej od stanu końcowego niż węzły osiągnięte wcześniej; wybór operatora, który odpowiada szczególnej różnicy między aktualnym węzłem z celem, jest sposobem umożliwiającym redukcję tej różnicy” (Simon, Newell, 1971, s. 152).

Podsumowując powyższe rozważania, można sformułować następującą definicję procesu rozwiązywania problemów: Jest to czynność przeprowadzania szeregu operacji przez system przetwarzania informacji, której celem jest zredukowanie różnicy między danymi informacjami (wynikającymi z instrukcji zadania) a żadaną, celem (tj. zbiorem informacji, który definiuje, co stanowi jego osiągnięcie) na bazie przestrzennej reprezentacji zadania za pomocą wyborów określonych podcelów i operatorów.

PODSUMOWANIE

Nie wdając się w dalszą krytyczną analizę założeń teorii Simona rozwiązywania problemów, można spróbować odpowiedzieć na niektóre pytania wysunięte na wstępie niniejszego szkicu. Przede wszystkim warto, jak sądzę, zastanowić się nad heurystycznymi walorami teorii roz-

wiązywania problemów jako teorii psychologicznej, nad jej znaczeniem dla psychologii, a ściślej — dla poszerzenia naszej wiedzy o psychologicznych mechanizmach intelektualnego funkcjonowania człowieka.

Wydaje się, że Simonowi udało się stworzyć koncepcję, która zawiera dwa bardzo istotne elementy badań nad człowiekiem. Powstała ona i jest wciąż modyfikowana na gruncie rzetelnych badań eksperymentalnych, w których wychodzi się zarówno od analizy zapisu subiektywnych zeznań osób rozwiązujących różne problemy, jak również pewnych zachowań tych osób w procesie rozwiązywania zadania i ujmowanych obiektywnymi metodami ich pomiaru (np. rejestrowanie ruchów gałek ocznych). Powstałe w wyniku tych badań programy komputerowe są tak długo modyfikowane, aż w efekcie otrzyma się program, który uruchomiony w maszynie cyfrowej z taką precyzją będzie imitował zachowanie konkretnego człowieka czy pewnej grupy ludzi (np. szachistów reprezentujących określoną klasę gry), że umożliwi z wysokim prawdopodobieństwem przewidywanie zachowania jego lub ich w określonej sytuacji problemowej.

Z drugiej strony poważną wadą teorii jest, jak sędzę, zasadnicza niemożliwość adekwatnego opisu i wyjaśnienia funkcji systemu emocjonalno-motywacyjnego w procesie rozwiązywania problemów.

Obecnie teoria rozwiązywania problemów narażona jest pod wieloma względami na krytykę. Z jednej strony akcentuje się nadmierne uproszczenie i spłycenie problematyki myślenia człowieka do mechanizmów funkcjonowania maszyny cyfrowej, z drugiej podkreśla się nadmierne skomplikowanie teorii (programów) na poziomie wyjaśniania bardzo elementarnych procesów przetwarzania informacji oraz brak syntez.

W odpowiedzi Simon i inni podejmują próby opracowania ogólnych programów rozwiązywania problemów (czego dowodem choćby GPS). Starają się także, o ile to możliwe, skracać nadmierne rozbudowane programy z zachowaniem (a nawet rozszerzeniem) kręgu problemów wyjaśnianych przez teorię.

Tak czy inaczej, teoria wydaje się nadal otwarta, tzn. może być stale modyfikowana, jeżeli wyniki badań eksperymentalnych będą wskazywały na taką konieczność. Dotyczy to również omówionych powyżej podstawowych założeń i rozumienia poszczególnych pojęć wypracowanych na jej gruncie.

Myślę, że rozwój technik komputerowych, pojawianie się coraz to bardziej interesujących języków programowania stanowią korzystną podstawę rozwoju samej teorii. Niezwykle wręcz obecnie zainteresowanie metodami symulacji komputerowej na terenie nauk społecznych wskazuje na bardzo inspirującą rolę samej teorii powstałej przed prawie 30 laty.

BIBLIOGRAFIA

- Apter M. J., *Komputery a psychika*, Warszawa 1973.
- Arbib M. A., *Brains, machines and mathematics*, New York 1964.
- Barr A., *The representation hypothesis*, Stanford HPP — Memo, HPP — 80 — 1, Department of Computer Science, 1980.
- Bradshaw G. F., Langley P. W., Simon H. A., *Studing scientific discovery by computer simulation*, „Science”, 2 Dec, 1983, 971—975.
- Dreyfus H., *What computers can't do: A critique of artificial reason*, San Francisco 1979, Freeman.
- Fodor J. A., *Formal linguistics and formal logic*, „New horizons in linguistics”, Harmondsworth 1970, Penguin, 198—214.
- *Tom Swift and his procedural grandmother*, „Cognition”, 1978, 6, 229—247.
- *The modularity of mind*, Cambridge, Massachusetts and London, England 1983, The MIT Press.
- Gołąb B., Traczyk W. Z., *Anatomia i fizjologia człowieka*, Warszawa 1981.
- James W., *Pragmatyzm*, Warszawa 1957.
- Kemeny J. G., *Nauka w oczach filozofa*, Warszawa 1967.
- Kozielecki J., *Zagadnienia psychologii myślenia*, Warszawa 1966.
- *Koncepcje psychologiczne człowieka*, Warszawa 1980.
- Lucas J. R., *Minds, machines and Godel*, [w:] Anderson A. R. (ed.), *Minds and machines*, New York 1964, Englewood Cliffs, 43—59.
- Nagel E., Newman J. R., *Twierdzenie Godla*, Warszawa 1966.
- Newell A., Simon H. A., *Programs as theories of higher mental processes*, „Computer in Biomedical Research”, 1965, 2, 141—172.
- *Overview: Memory and process in concept formation*, [w:] Kleinmuntz B. (ed.), *Concepts and structure of memory*, New York 1967, J. Wiley, 241—262.
- *GPS — program, który symuluje myśl ludzką*, [w:] Feigenbaum E. A., Feldman J. (red.), *Maszyny matematyczne i myślenie*, Warszawa 1972a, 275—290.
- *Human problem solving*, New York 1972b, Prentice Hall.
- Puszkina B., *Heurystyka*, Warszawa 1970.
- Putnam H., *Minds and machines*, [w:] Anderson A. R. (ed.), *Minds and machines*, New York 1964, Englewood Cliffs, 72—97.
- Rogers C. R., *Uczyć się, jak być wolnym*, [w:] Jankowski K. (red.), *Przełom w psychologii*, Warszawa 1978, 289—302.
- Rozet I., *Psychologia fantazji*, Warszawa 1982.
- Simon H. A., *Motivational and emotional controls of cognition*, „Psychological Review”, 1967, 1, 29—39.
- *Human problem solving: The state of the theory in 1970*, „American Psychologist”, 1971, 2, 145—159.
- *How big is a chunk*, „Science”, 8 Feb., 1974, 482—488.
- *Models of discovery*, Boston 1977, Riedel.
- *Models of thought*, New Haven and London 1979, Yale University Press.
- *Podejmowanie decyzji kierowniczych*, Warszawa 1982.
- Tichomirow O. K., *Struktura czynności myślenia człowieka*, Warszawa 1976.
- Winograd T., *What does it mean to understand language?*, „Cognitive Science”, 1980, 4, 209—244.
- Young J. Z., *Programy mózgu*, Warszawa 1984.

PIOTR FRANCUZ

THE ASSUMPTIONS OF HERBERT A. SIMON'S PROBLEM SOLVING THEORY:
CRITICAL STUDY

S u m m a r y

An attempt to present synthetically Herbert A. Simon's problem solving theory on the basis of its principal assumptions is undertaken. Critical evaluation of the theory in the light of contemporary discussions on methodological and substantial problems in psychology is also provided. In the first part of the article epistemological and ontological assumptions of H. A. Simon's theory are discussed. In the second part the four basic assumptions on which the theory rests are presented. The meaning and implications of crucial concepts used in formulating the assumptions are analyzed in detail. Special stress is put on detailed discussion of such concepts as information processing system, tasks, problem space, and strategy. In the conclusion of the assumption analysis a definition of problem solving process is formulated. Certain difficulties, mainly theoretical, inherent in Simon's assumptions are pointed out.

Translated by Helena Grzegółowska-Klarkowska