



---

# POZNAWCZE MECHANIZMY SAMOKONTROLI I SAMOREGULACJI

---

Dzięki samokontroli i samoregulacji człowiek potrafi, wbrew sygnałom płynącym z otoczenia, zmieniać przebieg swoich procesów wewnętrznych i zachowania dla realizacji celów, które bez udziału samokontroli nie zostałyby osiągnięte. Rolę procesów kontroli w skutecznym działaniu widać najlepiej wtedy, gdy zdolność do samokontroli jest upośledzona, np. gdy ludzie są zmęczeni lub zdekoncentrowani. Często są wtedy błędy substytucji, polegające na wykonaniu poprawnego działania w stosunku do błędnego obiektu, błędy ominięcia, gdy pomija się istotną czynność w sekwencji działań, błędy wywołania przez bodziec silnie skojarzonej z nim, choć zupełnie nieadekwatnej czynności, czy wreszcie błędy perseweracji, polegające na powtarzaniu czynności, mimo że jej cel został już osiągnięty (Reason, 1990). Powyższe błędy ujawniają się także w wyniku uszkodzeń neurologicznych, najczęściej (choć nie tylko) w obszarach czołowych mózgu (Collette i van Linden, 2002). Błędy te mają wtedy charakter permanentny i występują w sytuacjach, w których osoba zdrowa łatwo zauważa, że błędna czynność jest nieadekwatna do okoliczności. Zdarzają się ponadto kompleksowe neurodegeneracyjne zaburzenia samokontroli, powodujące zupełną podatność na dystrakcję oraz niezdolność do uchwycenia całości złożonych sytuacji i wykorzystywania informacji zwrotnych (Wilson, Evans, Alderman, Burgess i Emslie, 1997). Obserwuje się specyficzne zaburzenia samokontroli w życiu społecznym, tj. nałogi, wyuczoną bezradność czy zachowania przestępcze (Baumeister i Vohs, 2004).

Zjawisko samokontroli to jedno z najtrudniejszych zagadnień w badaniach nad umysłem człowieka (obok zagadnienia świadomości), jako że nie jesteśmy w stanie bezpośrednio obserwować rezultatów kontroli, a jedynie jej pośredni wpływ na inne procesy wewnętrzne i na zachowanie. Mimo ograniczeń metod pomiaru samokontroli próbuje się identyfikować

czynności angażujące kontrolę w znacznym stopniu. Uważa się, że przełączanie między zadaniami wymaga (przynajmniej w niektórych warunkach; Logan i Bundesen, 2003) kontrolowanej rekonfiguracji reprezentacji umysłowych do zmienionego zadania (Rogers i Monsell, 1995) oraz stłumienia interferencji płynącej z uprzednich prób (Allport, Styles i Hsieh, 1994). Kontrolę angażuje prawdopodobnie hamowanie nieadekwatnych aspektów stymulacji, jak na przykład w zadaniu Stroopa (1935). Za podległe kontroli uważa się inicjowanie właściwych (Rabbitt, 1997) i hamowanie zbędnych reakcji (Nigg, 2000). Kontroli wymaga uaktualnianie pamięci roboczej oraz koordynacja czynności jednoczesnych (Miyake, Friedman, Emerson, Witzki i Howerter, 2000). W powyższych sytuacjach prawdopodobnie zaangażowane są procesy monitorowania błędów i konfliktów (Botvinick, Braver, Barch, Carter i Cohen, 2001).

O udziale samokontroli w przytoczonych przypadkach wnioskuje się przede wszystkim na podstawie kosztów poznawczych ponoszonych przez ludzi w trakcie sprawowania kontroli (w postaci dłuższych czasów reakcji w porównaniu z sytuacjami analogicznymi, ale niewymagającymi kontroli; Monsell, 2003). Koszty te ponoszone są także przez pewien czas następujący po sytuacji wymagającej samokontroli, tak jakby jej zasób się wyczerpywał i wymagał odbudowania (Schmeichel i Baumeister, 2004). Występuje znaczne interindywidualne zróżnicowanie ponoszonych kosztów kontroli; obserwujemy zarówno ludzi potrafiących sprawować kontrolę szybko oraz bezbłędnie, jak i osoby popełniające błędy w prawie każdej próbie zadania wymagającego kontroli (Paulewicz, Chuderski i Nęcka, 2007).

Powyższe podejście do badania zjawiska kontroli można nazwać analitycznym (zob. przegląd badań tego rodzaju w: Nęcka, Orzechowski i Szymura, 2006, rozdział VI). W niniejszym rozdziale omówię tzw. podejście syntetyczne (Pfeifer i Scheier, 1999), reprezentowane przez badania prowadzone w ramach teorii systemów, kognitywistyki i nauki o sztucznej inteligencji. Skupię się na precyzyjnej definicji pojęć „kontroli” i „regulacji” (o tym traktuje podrozdział pierwszy), na określeniu poziomów kontroli w systemie poznawczym i ich wzajemnej relacji (podrozdział drugi) oraz na syntezie danych empirycznych i koncepcji teoretycznych w obliczeniu modelem mechanizmów kontroli (zarysowane w podrozdziale trzecim).

## □ 1. (Samo)kontrola i (samo)regulacja

W psychologii motywacji i psychologii społecznej najczęściej pojęć (samo)kontroli i (samo)regulacji używa się zamiennie (choć tego drugiego – częściej), uznając je za niemal synonimiczne (Vohs i Baumeister, 2004). Często nawet wyjaśnia się jedno pojęcie za pomocą drugiego, na przykład „samoregulacja odnosi się do procesów, za pomocą których psychika czło-

wieka sprawuje kontrolę nad swoimi funkcjami, stanami i wewnętrznymi procesami” (Vohs i Baumeister, 2004, s. 1). Z kolei w psychologii poznawczej i psychofizjologii częściej używa się pojęcia kontroli, zazwyczaj na określenie „procesów organizujących inne czynności umysłowe” (Umiltá i Stablum, 1998, s. 37) lub „sposobów zachowania, które umożliwiają (...) wywieranie rzeczywistego wpływu na bieg zdarzeń” (Kofta i Doliński, 2000, s. 586).

Warto wskazać na dwuznaczność przedrostka „samo” (*self*) w słowach „samokontrola/samoregulacja” (*self-control/self-regulation*). Może on oznaczać zarówno (1) kontrolę „siebie” (*of self*), jak (2) kontrolę sprawowaną „przez siebie” (*by self*). Niektórzy (Block, 1996), by uniknąć uwikłania w opis zjawiska kontroli określonej koncepcji obiektu kontrolującego (tj. „Ja”, „podmiot” itp.), który to obiekt jest przecież dopiero przedmiotem poszukiwań i wciąż pozostaje nieodkryty, proponują używanie przedrostka „auto”. Jeszcze bezpieczniej jest nazywać samokontrolę (samoregulację) „kontrolą (regulacją) endogenną” (Rogers i Monsell, 1995), zaznaczając tym samym tylko to, że jest ona sprawowana z wewnątrz samokontrolującego się systemu, bez wpływu otoczenia, w odróżnieniu od kontroli egzogennej, sprawowanej z zewnątrz. W tym ostatnim znaczeniu słowo „samo” jest używane w dalszej części pracy.

Pojęcia kontroli i regulacji precyzyjnie zdefiniowano w teorii systemów. Kontrola (zwana tam „sterowaniem” dla odróżnienia od potocznego rozumienia kontroli jako nadzoru) to „wszelkie celowe oddziaływanie jednego układu względnie odosobnionego na drugi, w celu uzyskania zmian przebiegu procesów zachodzących w układzie sterowanym” (Kempisty, 1973, s. 420). Sterowanie jest więc zdolnością celowego dokonywania dowolnych zmian (tj. w tzw. pętli otwartej) w układzie podlegającym kontroli. W przypadku niektórych zjawisk psychicznych pełne sterowanie jest zapewne możliwe. Inne zjawiska podlegają jedynie „sterowaniu w układzie zamkniętym”, czyli regulacji (Kaczorek, 1993, s. 15). Polega ona na zmianach w regulowanym systemie, prowadzących wyłącznie do przybliżania się jego stanu do stanu wzorcowego, od którego następuje odchylenie (regulacja w pętli ujemnego sprzężenia zwrotnego), lub do oddalania się od stanu niepożądanego (w pętli sprzężenia dodatniego). Istotą regulacji jest więc uzależnienie przebiegu kontroli od stanu układu kontrolowanego: zmiany nie są dokonywane dowolnie, a wyłącznie w odpowiedzi na ów stan. Systemowe definicje w psychologii trafnie określają samoregulację jako „ciągły proces kierowania się ku (lub od) reprezentacjom celów” (Carver, 2004, s. 13), niezależnie od „wpływu czasu i od zmiennej okoliczności” (Karoly, 1993, s. 25).

Powyższe rozróżnienie wyraźnie określa, kiedy w psychologii należy mówić o kontroli procesów psychicznych i zachowania (gdy podlegają one dowolnym, ale celowym, zmianom, które nie muszą, choć mogą, uwzględniać sygnały zwrotne), a kiedy – o ich regulacji (gdy zmiany polegają wyłącznie na dostosowaniu poznania/zachowania za pomocą sprzężenia

zwrotnego do pewnego stanu odniesienia). Słabszą od sterowania i regulacji postacią wywierania wpływu jest (samo)ograniczenie, czyli ustalenie takich warunków brzegowych, których sterowanie ani regulacja przekroczyć nie mogą. Najsłabszą postacią jest (samo)obserwacja, która choć nie ma mocy wpływu na obserwowany układ, to może wywołać którąś z trzech silniejszych postaci oddziaływania.

Systemowe definicje kontroli i regulacji można przełożyć na rozróżnienie tych zjawisk, odwołując się do liczby celów systemu. Regulacja układu jest możliwa, jeśli został uprzednio określony jeden cel – stan wzorcowy (który może się składać z wielu podcelów, jeśli nie są one wzajemnie sprzeczne i pozwalają na regulację wielokryterialną). Gdy istnieją dwa lub więcej alternatywne cele (tj. konflikt), pomiędzy którymi system musi wybrać (i to nie w sposób trywialny, np. losowy czy odwołujący się wprost do zapisu w pamięci), lub gdy żaden cel nie jest w ogóle określony (tzw. impas), to niezbędny staje się udział sterowania, które służy wyborowi właściwego celu. Wyjściowa struktura celów określa więc jednoznacznie, czy możliwy jest proces (samo)regulacji (określony jest jeden stan, od którego układ kontrolowany odbiega lub – gdy cel jest niepożądany – zbyt się zbliża), czy konieczna jest pełna kontrola, pozwalająca na wybór jednego spośród wzajemnie sprzecznych celów lub na określenie celu nowego. Każdy system poznawczy skutecznie rozwiązujący konflikty (i impasy) musi więc z konieczności posiadać zdolność do samokontroli. Samoregulacja jest dla realizacji tego celu własnością zbyt słabą.

Mówiąc ogólniej, samoregulacja to zdolność systemu do endogennego zapewnienia sobie ekwifinalności, tj. osiągnięcia przez system uprzednio określonego stanu końcowego niezależnie od: stanu obecnego, przebiegu procesów wewnętrznych i zaburzeń płynących z otoczenia. Samokontrola to silniejsza własność systemu, która pozwala mu na endogenne określenie owego stanu końcowego.

## □ 2. Poziomy kontroli i regulacji

Zjawiska kontroli i regulacji systemu inteligentnego, tak jak inne dotyczące go zjawiska, opisuje się na różnych poziomach jego organizacji (Newell, 1990). Oprócz poziomu włączania procesów kontrolnych w struktury biologiczne, możemy także opisywać kontrolę składowych struktur i procesów przetwarzania informacji, a także podlegające kontroli zachowanie całego organizmu, które nie daje się przypisać działaniu określonej składowej systemu. Należy więc odróżnić kontrolę poznawczą, sprawowaną nad składowymi procesami poznawczymi, od kontroli behawioralnej (czy inaczej podmiotowej), sprawowanej nad zachowaniem całego podmiotu oraz pozwalającej mu wpływać na otoczenie i na samego siebie.

Kontrola poznawcza w pełni wewnętrzna (tj. sprawowana bez emitowania reakcji) jest możliwa tylko w odniesieniu do procesów elementarnych i służy osiąganiu konkretnych celów w ciągu (mili)sekund, takich jak zahamowanie czy aktywizacja pewnych reprezentacji lub procesów poznawczych, przełączanie pomiędzy nimi, zmiana zawartości pamięci roboczej czy uwagi, planowanie sekwencji procesów oraz podejmowanie decyzji. Wpływanie na postać bardziej złożonych struktur (np. zawartości pamięci długotrwałej) i przebieg procesów (tj. przeszukiwanie percepcyjne, rozwiązywanie problemów, uczenie się) wymaga zazwyczaj koordynacji czynności poznawczych i generowanego równoległe do poznania, zachowania (choćby ruchów okulomotorycznych), związane jest więc ze sprawowaniem kontroli behawioralnej. Przykładowo, prawie niemożliwe jest nabycie obszernej porcji wiedzy bez kontroli behawioralnej nad źródłem nabywanych informacji. Kontrola podmiotowa obejmuje więc zarówno szczegółowe cele, realizowane w ciągu sekund czy minut (np. przeniesienie wzroku na obiekt), jak i cele ogólne, osiągane przez niemal całe życie organizmu (tj. wysoki poziom wykształcenia czy wysoka pozycja społeczna, ukończenie trudnego projektu, zachowanie abstynencji itp.), wymagające kontroli (koordynacji i organizacji) złożonych i długotrwałych sekwencji zachowania.

Trzy warte wymienienia przypadki kontroli podmiotowej związane są z rozstrzygnięciem przetargów pomiędzy: (1) eksploracją a eksploatacją otoczenia (Holland, 1975), (2) wzmacnianiem lub nie asocjacji pomiędzy stymulacją a wzorcami zachowania (Goschke, 2000) oraz (3) alternatywnymi sposobami alokacji ograniczonych zasobów (Kahneman, 1973). W pierwszym przypadku podmiot kontroluje przełączenie się w ramach dwóch wzajemnie sprzecznych celów: wybiera, kiedy należy prowadzić proces pozyskiwania informacji z otoczenia (eksplorację), zwiększający szanse na podjęcie bardziej korzystnej decyzji (ale powodujący ponoszenie kosztów), a kiedy – przerwać ów proces, podjąć decyzję i wygenerować odpowiednie zachowanie (dokonać eksploatacji nabytych informacji; por. analogiczne koncepcje „orientacji na stan” lub „orientacji na działanie” Kuhla, 1995, czy „stanu deliberacji” i „stanu implementacji” Gollwitzer, 1996). Podmiot musi też sprawować kontrolę nad poziomem przewidywalności swojego otoczenia (Goschke, 2000): decydować czy utrzymywać alternatywne asocjacje stymulacji i możliwych wobec niej reakcji na podobnym poziomie prawdopodobieństwa (gdy otoczenie jest zmienne), czy też wzmacniać jedne asocjacje, a osłabiać inne (gdy otoczenie jest stabilne). Wreszcie, podmiot przy realizacji kilku celów jednocześnie musi sprawować kontrolę nad właściwym przydzielaniem tym celom odpowiedniej części swoich ograniczonych zasobów (Kahneman, 1973).

Podział na kontrolę poznawczą i podmiotową odnosi się do poziomu systemu, który podlega kontroli (odpowiednio: do pewnego procesu wewnętrznego lub do całego podmiotu). Biorąc pod uwagę dwa analogiczne

możliwe przypadki obiektu, przez który samokontrola jest sprawowana (odpowiednio: proces wewnętrzny lub cały podmiot), można rozważyć ogólnie cztery przypadki samokontroli (czy samoregulacji): sprawowanej przez pewien wewnętrzny proces w podmiocie nad (1) innym takim procesem lub nad (2) całym podmiotem oraz sprawowanej przez podmiot nad (3) jego wewnętrznym procesem lub nad (4) samym sobą.

Pierwszy przypadek jest najłatwiejszy do badania naukowego (wciąż oczywiście będąc problemem niesłychanie złożonym). W psychologii wspomniane elementarne procesy kontrolne bada się za pomocą metod eksperymentalnych (Driver i Monsell, 2000; Nęcka i in., 2006, rozdział VI) oraz postuluje modele opisujące i symulujące zarówno przebieg kontroli poszczególnych modułów funkcjonalnych systemu poznawczego, jak i kontrolę polegającą na wzajemnej komunikacji i koordynacji wielu takich modułów (Gray, 2007).

Trudniejszym jest problem wyjaśnienia kontroli podmiotowej, zwłaszcza zdolności do autonomicznego określania celów (szczególnie w sytuacjach dla podmiotu nowych) oraz do długotrwałego podążania za tymi celami, nawet wbrew otoczeniu. Z jednej strony, nauka jest skazana na redukcję tego zjawiska do procesów elementarnych, gdyż jakiegokolwiek próby przypisania zdolności do samokontroli wyłącznie całemu podmiotowi (wyrażane np. tezą, że „podmiot jest sprawcą, decydentem i kontrolerem własnych działań i ich skutków”; Kolańczyk, 2002, s. 225) lub zbliżonemu mu mocą poznawczą podsystemowi, takiemu jak schemat Ja („schemat Ja jest sprawcą procesów kontrolowanych”; Baumeister, 2000, s. 25) powoduje natychmiastowe wpadnięcie w sidła problemu *homunculusa* („człowieczka w głowie”). To pułapka wyjaśniania źródła kontroli w kategoriach obiektu o tak znacznych możliwościach sprawczych, że są one niemal równe możliwościom całego człowieka. Postulowanie takiego, wyposażonego w „wolną wolę” i „autonomię” obiektu, wykracza oczywiście poza granice metody naukowej, gdyż (1) jest to obiekt nieokreślony, wymagający dalszej redukcji, (2) jego zachowania (ze względu na ową „autonomię”) nie można przewidzieć – przede wszystkim zależy ono przecież od jego „widzimisię”.

Z drugiej strony jednak wiadomo, że cały system ma możliwość wpływu na swoje procesy składowe (tzw. przyczynowość odgórna; Poczobut, 2006), a pośrednio – poprzez owe procesy – na całokształt swojego funkcjonowania. Można więc w sposób uprawniony dopuszczać kontrolę sprawowaną ze strony podmiotu, pod warunkiem, że dokonuje się ona wyłącznie za pośrednictwem jego elementów. Poniżej zarysowane zostaną ogólne własności oraz metody badania kontroli sprawowanej przez cały podmiot nad sobą samym i swoimi składnikami. Najpierw jednak wprowadzone będzie pojęcie „emergencji”.

Emergencja to relacja pomiędzy poziomami organizacji systemu (poziomem wyższym – emergentem – a poziomem niższym – bazą emergen-

cji), taka że emergentna własność systemu (1) nie przysługuje żadnemu jego składnikowi (emergencja wewnętrzna) lub (2) powstaje, gdy system ten staje się podsystemem systemu wyższego rzędu (emergencja relacyjna) (Poczobut, 2006). Choć elementy i struktura systemu (a w przypadku emergencji relacyjnej – także jego środowisko) determinują jego własności emergentne (tj. replika systemu o takich samych elementach i takiej samej strukturze przejawia takie same własności emergentne), a każdy system posiada całkowity rozkład na elementy bazowe, własności emergentne nie podlegają redukcji przez eliminację czy identyfikację z własnościami składników systemów, którym przysługują (Poczobut, 2006). Przyjmuje się, że emergentne własności systemów są wynikiem dynamicznej organizacji ich elementów oraz że posiadają wielorakie bazy realizacji (ta sama własność emergentna może mieć wiele odmiennych baz emergencji).

Odwołując się do pojęcia emergencji, można próbować wyjaśnić zjawisko samokontroli podmiotowej w kategoriach precyzyjnie i wyczerpująco określonych procesów oraz struktur elementarnych – czyli jak pisze Daniel Dennett (1978) – dokonać redukcji wszechwiedzącego *homunculusa* do „armii idiotów”. Jeśli przyjmiemy, że w systemie poznawczym kontrola poznawcza realizowana jest wyłącznie przez interakcję elementarnych procesów oraz struktur (czego przykłady prezentuje następny podrozdział) i nie istnieją w nim żadne homunkularne obiekty o większych możliwościach sprawczych, nawet względnie ograniczonych, tak jak „centralny zarządca” (Baddeley, 1996) czy „nadzorczy system uwagi” (Shallice, 1988), to emergentna kontrola – choć będzie deterministycznym procesem obliczeniowym – mimo wszystko będzie prowadzić do niedeterministycznej (nieprzewidywalnej) samokontroli podmiotowej na poziomie całego systemu. Samokontrola będzie stanowiła własność emergentną systemu pod warunkiem, że: (1) interakcje procesów poznawczych będą bardzo złożone i nieliniowe, (2) wystąpią samoistne efekty stochastyczne (np. wynikające z zaburzeń działania neuronów), (3) na przebieg procesów będzie wpływać interakcja ze środowiskiem (kontrola egzogenna) i zapis historii tej interakcji (zinternalizowane strategie kontrolne i wiedza o ich skuteczności) oraz przede wszystkim (4) podmiotowe własności emergentne w sprzężeniu zwrotnym wpłyną na przebieg kontroli wewnętrznej.

Kontrola sprawowana (pośrednio) przez cały organizm nad sobą samym może więc być własnością realną, nawet gdy nie istnieje żaden „podmiot” ją sprawujący. To interakcje procesów wewnętrznych, przy wpływie środowiska oraz efektów losowych i nieliniowych, sprawują kontrolę nad zachowaniem podmiotu (drugi przypadek kontroli), ale także emergentne własności systemowe, będące rezultatem tej interakcji, od momentu, gdy pojawiają się w trakcie ontogenezy, powodują zwrotną kontrolę procesów wewnętrznych (trzeci przypadek kontroli). W powyższym ujęciu czwarty przypadek kontroli: endogenna kontrola, sprawowana przez cały podmiot

bezpośrednio nad samym sobą, po prostu nie istnieje. Aby bowiem samokontrola ze strony podmiotu była możliwa, musi być zapośredniczona przez poziom niższy, czyli przez kontrolę poznawczą (zarówno kontrolującą podmiot, jak i przez niego kontrolowaną w interakcji drugiego i trzeciego przypadku kontroli). Do wystąpienia emergenta – kontroli podmiotowej niezbędna jest bowiem jego baza emergencji, której brak w przypadku czwartym.

W tym miejscu warto zadać pytanie, jak można skutecznie badać i opisywać samokontrolę, która w powyższym ujęciu jest potencjalnie redukowalna do elementarnych czynników (deterministycznej kontroli poznawczej, wpływu środowiska, efektów nieliniowych, pamięci itp.), ale niewyjaśnialna wyczerpująco w kategoriach tych czynników? Bechtel (2005) zauważa, że badanie zjawisk psychicznych nie może się odwoływać tylko do opisujących je praw, gdyż są to wyjaśnienia z tego samego poziomu, ale musi przywoływać ich mechanizmy poznawcze, czyli zachodzące w człowieku procesy, powodujące, że zachowuje się on w określony sposób. Weźmy przykładowe prawa psychologiczne, mówiące, iż cele wpływają na zachowanie ukierunkowując uwagę, mobilizując do wysiłku, podtrzymując działania i stymulując planowanie strategiczne (Locke i Latham, 1990), albo stwierdzające, że identyfikacja działania na wyższym poziomie sprawia, iż działanie to jest bardziej płynne i odporne na dystrakcję (Vallacher i Wegner, 1987). Prawa te stanowią przecież jedynie opisy zależności (skądinąd interesujących) między jednym aspektem zachowania człowieka (przyjęciem określonego celu czy poziomem identyfikacji działania) a innym aspektem tego zachowania (jego efektywnością), czyli są to opisy związków między wejściem a wyjściem systemu poznawczego (jego tzw. transmitancji). Opis ten nie mówi nam jednak nic o tym, dlaczego takie związki występują (tzn. jakie mechanizmy je powodują), podobnie jak określone prawa biologiczne dotyczące dziedziczenia są w pełni zrozumiałe dopiero po wskazaniu odpowiednich mechanizmów replikacji kodu DNA i syntezy określonych białek na jego podstawie.

Postulowaną w niniejszym rozdziale metodą wyjaśnienia zjawiska samokontroli (zarówno poznawczej, jak i podmiotowej) jest zatem opis (modelowanie) poznawczych mechanizmów samokontroli, najlepiej w formalnym języku obliczeniowym. Własności emergentne kontroli podmiotowej, choć nie mogą zostać zredukowane (rozpisane na elementarne składniki), mogą zostać zreplikowane (odtworzone) w procesie symulacji komputerowej modelu mechanizmu kontroli w warunkach podobnych do tych, w jakich kontrola podmiotowa powstaje (tj. nieliniowość, losowość, interakcja ze środowiskiem, zapis doświadczeń i strategii w pamięci modelu). Model kontroli (artefakt będący uproszczoną analogią tego zjawiska) powinien odzwierciedlać jedynie jej istotne cechy (tzw. poziom strukturalny), a pomijać cechy przypadkowe. Poprzez modelowanie, dzięki redukcji złożoności, możemy poznać sposób funkcjonowania zjawiska zbyt złożonego (ja-



kim prawdopodobnie jest samokontrola), by je obserwować i analizować bezpośrednio. Wyrażenie teorii kontroli w formalnym języku modelu wymaga sprecyzowania wszystkich elementów teorii i jest testem jej kompletności oraz spójności. Dzięki symulacji obserwujemy emergentną własność samokontroli, mimo że nie możemy wyczerpująco prześledzić ciągu przyczynowo-skutkowego, który do niej prowadzi. Pomimo iż deterministycznie opisujemy warunki konieczne do pojawienia się samokontroli, to jako że „wyjaśnienie mechanizmu powstawania określonej własności emergentnej nie przekreśla jej realności ani specyfiki” (Poczobut, 2006, s. 28), wciąż możemy mówić o zdolności podmiotu do autonomii i samostanowienia, ale jednocześnie rozumiemy przyczyny, tkwiące u ich podłoża.

W następnym podrozdziale, dla ilustracji prowadzonych dotąd rozważań, przedstawione zostaną wiodące obliczeniowe koncepcje mechanizmów samokontroli. Pytanie o możliwość redukcji kontroli podmiotowej do sekwencji zachowań wynikających z elementarnych aktów kontroli poznawczej sprawowanej przez odpowiedni obliczeniowy mechanizm kontrolny pozostaje nadal otwarte, lecz złożone problemy rozwiązywane przez już teraz istniejące modele wskazują, że opisany poniżej kierunek badań nad samokontrolą jest bardzo obiecujący.

### □ 3. Obliczeniowe teorie mechanizmów kontroli

Obliczeniowe teorie umysłu przyjmują, że zachowanie człowieka jest skutkiem poznania, które stanowi proces przekształcania informacji (symboli lub wielkości numerycznych), czyli proces obliczeniowy (Newell, 1990). Teorie te wyróżniają podstawowe operacje dokonujące transformacji informacji w systemie poznawczym, definiują ogólną strukturę systemu (jego moduły funkcjonalne i ich wzajemne relacje) oraz określają jego zasoby. Najczęściej owe teorie wyrażone są jako programy komputerowe i zwane wtedy architekturami poznawczymi (*cognitive architectures*). Mechanizmy architektur pozostają niezienne (oprócz przypadków modelowania starzenia się i fizycznych defektów), zarówno w trakcie działania, jak i podczas uczenia systemu. Podstawowym elementem każdej architektury poznawczej jest mechanizm kontroli procesów wewnętrznych, zatem są one przede wszystkim teoriami kontroli (choć zwykle wyróżniają także inne operacje: spostrzegania, uczenia się, przywoływania z pamięci itp.), opisującymi mechanizmy sterowania procesami przekształcania informacji i komunikacji pomiędzy składnikami systemu.

Odpowiednio rozwijane i testowane teorie obliczeniowe dają możliwość (prawdopodobnego) odwzorowania wewnętrznych procesów psychicznych na w pełni dostępne obserwacji działanie modelu. Z tego powodu, obok eksperymentów psychologicznych i psychofizjologicznych, modelowanie obliczeniowe jest podstawową metodą badania procesów poznawczych.

Mimo pewnych wad tej metody (por. Chuderski, Stettner i Orzechowski, 2007), prace nad modelowaniem kontroli poznawczej pomagają w ogromnym stopniu zrozumieć jej psychiczne mechanizmy. Symulacje rozwiązywania złożonych problemów w bogatym w stymulację środowisku dają wstępny obraz tego, jak możliwa jest celowa koordynacja całego organizmu, wyłaniająca się z jego elementarnych i precyzyjnie określonych składników, oraz w jaki sposób cały organizm może wpływać na te składniki.

W modelowaniu kontroli dominują dwa główne nurty. Pierwszy zakłada, że w umyśle obecny jest centralny mechanizm, w dyskretnych krokach (tzw. cyklach) sterujący najważniejszymi decyzjami dotyczącymi przetwarzania informacji. Przykładami takich koncepcji są obliczeniowe teorie SAS (Glasspool i Cooper, 2002), Soar (Newell, 1990) i ACT-R (Anderson, 2005). Inne teorie, tj. 3CAPS (Carpenter, Just i Shell, 1990) czy EPIC (Meyer i Kieras, 1997), zakładają, że kontrola jest rozproszona pomiędzy wieloma elementami systemu poznawczego i sprawowana równolegle. Najbardziej skrajne koncepcje, jak choćby wykorzystywana do konstrukcji robotów architektura subsumpcji (Brooks, 1991), przyjmują, że w systemie poznawczym brak jakichkolwiek mechanizmów służących do kontroli pozostałych procesów, a kontrola podmiotowa jest wynikiem samoorganizacji tychże procesów, która stanowi rezultat ich interakcji ze środowiskiem.

Najbardziej znaną obliczeniową teorią kontroli jest rozwijana przez Johna R. Andersona (2005) od lat siedemdziesiątych XX wieku teoria ACT-R (*Adaptive Control of Thought-Rational*). Obliczeniowy model umysłu skonstruowany na jej podstawie składa się z niezależnych modułów poznawczych i centralnego mechanizmu koordynującego ich działanie.

Moduł pamięci deklaratywnej to sieć zapisanych za pomocą symboli reprezentacji faktów, powiązanych z sobą asocjacjami o różnej sile. Każdy fakt zawiera atomistyczną porcję informacji o świecie, rozwiązywanym problemie itd. Fakty mają różny poziom aktywacji zależny od tego, jak często były przywoływane w niedalekiej przeszłości – informacje częściej wykorzystywane (a więc bardziej aktywne) są przywoływane szybciej.

Moduły percepcyjne (m.in. słuchowy i dwa wzrokowe: jeden przetwarzający lokalizację przestrzenną obiektów, drugi – ich cechy) odbierają informacje z symulowanego otoczenia systemu. Za pomocą modułów motorycznych (np. symulującego ruchy palców na klawiaturze) system wpływa na swoje otoczenie. Każdy z modułów działa równolegle i niezależnie od pozostałych. Jednakże system działający całkowicie równolegle nie byłby zdolny do spójnego i skoordynowanego działania. Komunikacja pomiędzy modułami jest więc samoograniczona: każdy z modułów może komunikować za pomocą tzw. bufora innym modułom tylko jedną porcję informacji w danym momencie, na przykład tylko jeden fakt może być jednocześnie przywołany z pamięci deklaratywnej.

Informacje zawarte w buforach modułów stanowią wielomodalną pamięć roboczą systemu. System integruje je i przetwarza na odpowiednie działania za pomocą reguł, czyli podstawowych jednostek kontrolnych, stanowiących zinternalizowane (mikro)strategie postępowania (utworzone np. na podstawie spostrzeganych instrukcji czy obserwacji otoczenia). Reguły mają postać implikacji: „jeśli zawartość pamięci roboczej = X, to wykonaj działanie Y”. Działanie reguły polega na uruchomieniu określonego procesu w odpowiednim module (np. „skieruj uwagę na górny lewy róg ekranu” w module wzorkowo-przestrzennym czy „naciśnij klawisz A” w module manualnym) lub na umieszczeniu nowej informacji w buforze (np. dodaniu nowego faktu do pamięci deklaratywnej). Dzięki zmianie zawartości pamięci roboczej w kolejnym cyklu nowa reguła może mieć zastosowanie, co umożliwi systemowi przybliżenie się do założonego celu.

Dwa moduły są istotne dla określenia reguł mających zastosowanie i faktów w pamięci roboczej, do których reguły te będą miały dostęp. Moduł intencjonalny przechowuje w buforze aktualny cel systemu. Do faktów w pamięci deklaratywnej skojarzonych z bieżącym celem przekazywana jest dodatkowa porcja aktywacji, powodująca, że fakty te są bardziej dostępne, dzięki czemu owa pamięć funkcjonuje kontekstowo. W module wyobrażeniowym przechowywana jest z kolei abstrakcyjna reprezentacja podejmowanego działania (aktualnego stanu problemu). Tylko reguły odpowiadające bieżącemu celowi i adekwatne do stanu problemu są porównywane z zawartością pamięci roboczej.

Wszystkie moduły i bufory teorii ACT-R odpowiadają funkcjom odpowiednich obszarów mózgu (por. Anderson, 2005). Działanie systemu w warunkach braku konfliktu polega na zamienianiu wzorców informacji percepcyjnych i pamięciowych zgodnie z celem oraz stanem problemu na odpowiednie komunikaty dla wybranych modułów. Przykładowo, jeśli w buforze wzrokowym znajduje się liczba „3”, w buforze słuchowym – „5”, a celem jest „wykonanie operacji algebraicznej”, natomiast aktualny stan problemu stanowi „naciśnięcie na klawiaturze sumy dwóch liczb”, to uruchomiona zostanie reguła, która najpierw przywoła z pamięci deklaratywnej informację o tym, ile wynosi owa suma, a następnie wyśle odpowiedni komunikat do modułu manualnego. Jeśli zadanie polega na tym, aby po wpisaniu sumy przełączyć się na powtórzenie kolejnych dwóch liczb, reguła ta może odpowiednio zmienić stan problemu i aktualny cel.

Powyższy (przynajmniej – nieco sztuczny) przykład zachowania jest jednoznacznie konsekwencją stymulacji zewnętrznej, kontekstu (celu systemu i stanu problemu) oraz braku konfliktu między regułami. Odpowiada to mniej więcej przetwarzaniu określanemu w psychologii jako automatyczne, choć w ujęciu systemowym nawet takie przetwarzanie angażuje kontrolowanie jednych elementów systemu (modułów) przez inne jego elementy (reguły). Dodatkowa kontrola wymagana jest wtedy, gdy mimo ograniczenia liczby potencjalnych reguł przez aktualny kontekst, więcej

niż jedna z nich może być zastosowana, czyli gdy system wykazuje przynajmniej dwie sprzeczne tendencje do zachowania. Wtedy włącza się centralny mechanizm kontroli mający za zadanie wybór tylko jednej ze zbioru potencjalnych reguł. Wybierana jest reguła o największej oczekiwanej użyteczności, obliczanej jako iloczyn prawdopodobieństwa, że reguła pozwoli osiągnąć cel (prawdopodobieństwa wynikającego z historii jej sukcesów i porażek), oraz wagi tego celu dla systemu minus szacowany koszt jej użycia (tzn. czas, jaki zajmie jej uruchomienie). Mechanizm ten jest bardzo elastyczny: jeśli aktualny cel jest ważny dla systemu, system będzie próbował działań obarczonych dużym kosztem (maksymalizujących szansę powodzenia), jeśli jednak waga celu jest niewielka (niska wartość iloczynu), to będzie raczej wybierał reguły pozwalające szybko uzyskać jakikolwiek rezultat (minimalizujących koszt działania). Ten mechanizm kontroli odpowiada pierwszemu z wymienionych przypadków kontroli, jest to bowiem proces wewnętrzny, sterujący innymi procesami wewnętrznymi.

W teorii ACT-R zaproponowano także bardziej ogólny mechanizm kontroli procesów poznawczych (Salvucci, 2005), zarządzający większą liczbą celów równocześnie. Każdemu celowi przypisywany jest interwał, przez jaki powinien być on realizowany. Cele ustawiane są w odpowiedniej hierarchii i jeśli czas na realizację aktualnego celu zostaje przekroczony, to system jest automatycznie przełączany na inny proces, służący osiągnięciu kolejnego celu. Umożliwia to płynne przełączanie się pomiędzy dowolnymi procesami, najczęściej po zakończeniu logicznie wyodrębnionych części tych procesów.

Kluczową rolę sprawnego mechanizmu zarządzania hierarchią celów i podcelów, będącą skutkiem podziału zadania na segmenty, potwierdza praca Carpenter i jej współpracowników (1990), którzy w ramach teorii dość podobnej do ACT-R (3CAPS) modelowali rozwiązywanie testu inteligencji płynnej Ravena. Pierwsza wersja modelu zawierała reguły symulujące trzy grupy procesów niezbędne do rozwiązywania problemów z testu (analiza percepcyjna, indukcja reguł rządzących rozkładem bodźców oraz ich aplikacja do możliwych rozwiązań). Model stosował adekwatne w danej chwili reguły równoległe i potrafił rozwiązać 21 z 34 problemów, które zostały do niego wprowadzone. Druga wersja modelu posiadała czwartą grupę reguł służących ustalaniu strategicznych i taktycznych celów, monitorowaniu postępu rozwiązywania problemu oraz zmianie celów zależnie od wyników wnioskowania. Dzięki temu wersja owa działała sekwencyjnie i była zdolna do wycofywania się z nietrafnych ruchów. Model rozwiązał wszystkie 34 zadane problemy, osiągając poziom osób wysoce inteligentnych.

Jak zatem w ACT-R (i w podobnych systemach) zidentyfikować emergentną kontrolę podmiotową? Po pierwsze, ACT-R posiada naturę stochastyczną (występuje losowa zmienność wartości parametrów numerycz-

nych, czyli aktywacji i użyteczności) oraz nieliniową (równania określające zmiany parametrów numerycznych). Możliwe są błędne przywołania z pamięci deklaratywnej faktów nieidentycznych, ale podobnych do poszukiwanych. Po drugie, system uczy się na podstawie swojego zachowania, dodając nowe lub modyfikując istniejące elementy pamięci i reguły oraz zmieniając parametry numeryczne, zgodnie z uzyskanymi wynikami i sygnałami zwrotnymi z otoczenia (Anderson i Lebiere, 1998). Po trzecie, stymulacja zewnętrzna, przetwarzana niezależnie przez moduły percepcyjne, wpływa na to, jakie reguły (a pośrednio – jakie elementy pamięci) zostaną wywołane. Wreszcie, atomistyczne decyzje dokonywane wewnątrz systemu wpływają na stan całego systemu i determinują zwrotnie przebieg procesów wewnętrznych. Przykładowo, określone (symulowane) zachowanie systemu powoduje podniesienie (w przypadku sukcesu) lub obniżenie (gdy następuje porażka) wartości użyteczności prowadzących do niego reguł, wpływa więc na wybór reguł przez mechanizm kontrolny w kolejnych cyklach. Wysłanie przez uruchomioną regułę komunikatu do modułu wzrokowo-przestrzennego, nakazującego zmianę położenia ogniska uwagi, determinuje podzbiór bodźców, jakie automatycznie trafią niebawem do bufora tego modułu, wpływając zwrotnie na wybór kolejnej reguły. Reguła może zmienić cel systemu (bufor modułu intencjonalnego), powodując, że zupełnie inny podzbiór reguł będzie uwzględniony przez mechanizm kontrolny. Mamy tu więc, niewątpliwie, do czynienia z pojawieniem się nieredukowalnej, emergentnej własności samokontroli na poziomie całego systemu, mimo że możemy sporządzić kompletną listę (z której właśnie wymieniłem trzy przypadki) mechanizmów tkwiących u podłoża tej własności.

Powyższy wniosek potwierdzają udane symulacje zjawisk związanych ze sprawowaniem kontroli zarówno nad elementarnymi procesami poznawczymi w takich zadaniach, jak test Stroopa (Lovett, 2005) czy zadanie podwójne (Byrne i Anderson, 2001), jak i nad złożonymi czynnościami w bogatym w stymulację otoczeniu, polegającymi m.in. na obsłudze urządzeń podczas prowadzenia pojazdu (Salvucci, 2005), nauce studentów programowania i matematyki, prowadzonej przez sztucznego nauczyciela (Anderson, Corbett, Koedinger i Pelletier, 1995), czy wreszcie – na symulacji zachowania żołnierzy w grach wojennych i misjach lotniczych (system Soar; Soar Technology, 2002).

Przykładową teorię – postulującą, w przeciwieństwie do koncepcji centralnego mechanizmu kontroli, pełną decentralizację mechanizmów kontrolnych – sformułowano na gruncie robotyki kognitywnej (Brooks, 1991) i nazwano architekturą subsumpcji (*subsumption*). W ramach tej architektury receptory i efekторы połączone są hierarchią warstw zaprojektowanych tak, by rozwiązywać szczegółowe problemy. Nie istnieje żaden centralny aparat poznawczy (nawet pamięć robocza), a tylko działające równoległe warstwy, transformujące sygnały wejściowe zgodnie z prosty-

mi regułami. Warstwy wyższe są zdolne do subsumpcji (nadpisywania) przetwarzania w warstwach niższych, przez blokowanie sygnałów wyjściowych tych warstw. Przykładowo, kontrola ruchu może być zrealizowana za pomocą kilku poziomów kompetencji robota, tj.: unikanie kontaktu z obiektami fizycznymi, poruszanie się bez określonego celu, kierowanie się do oddalonych miejsc, planowanie tras pomiędzy miejscami itp. Wbudowane unikanie obiektów może być ominięte, jeśli znajdujący się na wyższym poziomie plan trasy przewiduje dotknięcie określonego obiektu.

Zbudowany w ramach architektury subsumpcji, robot Cog stanowi górną część humanoidalnego korpusu, wyposażoną we wzrokowe, słuchowe, westybularne, kinestetyczne oraz czuciowe systemy sensoryczne (Brooks, Breazeal, Marjanović, Scassellati i Williamson, 1999). Jego wiedza jest wyłącznie proceduralna, nieprzezroczysta i wbudowana. Cog nie dysponuje globalnymi reprezentacjami, nie potrzebuje jednak wiele wiedzy, gdyż większość potrzebnych mu do działania informacji dostępna jest w jego środowisku. Cog ma m.in. zdolność do śledzenia ruchu, wskazywania widzianych obiektów, ich rozpoznawania, a także manipulowania przedmiotami. Wiele zdolności Coga wymaga integracji kilku modalności percepcyjnych i motorycznych. Integracja jest doskonała, gdy umiejętności, które zostały już wyuczone, pozwalają na nabywanie jeszcze bardziej złożonych zdolności (czyli na wykształcanie się nowych, wyższych warstw). Wykorzystanie komplementarnej natury oddzielnych modalności redukuje złożoność kontroli. Przykładowo, sprzężenie zwrotne z systemu westybularnego jest używane do stabilizowania kamery, dzięki czemu mogą zostać użyte prostsze algorytmy rozpoznawania obrazów. Choć możliwości Coga są na razie niewielkie, to koncepcja rozproszonej kontroli – w minimalnym stopniu wykorzystującej liczne i złożone reprezentacje celów, a pozwalającej w maksymalnym stopniu wykorzystywać informacje dostępne w otoczeniu – jest coraz powszechniej wykorzystywana w wielu scentralizowanych teoriach kontroli, tj. ACT-R (Taatgen, 2007).

Przedstawione systemy potrafią kontrolować swoje zachowanie na podstawie odpowiednich mechanizmów kontrolnych, przetwarzających stymulację i zawartą w nich wiedzę, które wybierają cele systemu i rozwiązują konflikty pomiędzy procesami wewnętrznymi podczas osiągania celów. Interesujące zagadnienie stanowi to, w jaki sposób system manipuluje swoimi celami, nie tylko w wyniku zinternalizowanych sygnałów kontrolnych lub sygnałów płynących z otoczenia, lecz także wyłącznie na podstawie formalnych charakterystyk przetwarzanej informacji. Zaproponowano kilka interesujących modeli takiego mechanizmu.

Teoria monitorowania konfliktów (Botvinick i in., 2001) pozwala rozwiązać problem, skąd kontrola poznawcza „wie”, że należy zacząć regulować zachowanie. Ciągła samokontrola jest bowiem kosztowna poznawczo i w wielu wypadkach (np. dobrze wyuczonych czynności) wręcz przeszkadza

dza. Według autorów teorii, określony proces monitorujący (zlokalizowany w mózgu w obszarze przedniej kory zakrętu obręczy) nieustannie sumuje wartość aktywacji niespójnych reprezentacji (połączonych szlakami nerwowymi o ujemnych wagach synaptycznych). Im większa jest ta suma, świadcząca o jednoczesnym znacznym pobudzeniu przeciwstawnych reprezentacji czy tendencji do reagowania, tym silniejszy sygnał przesyłany jest do procesów kontrolnych i tym silniej procesy te wpływają na kierunek przetwarzania informacji. Regulacja kontroli odbywa się w niemal natychmiastowej reakcji na zmieniającą się sytuację. W serii symulacji komputerowych, m.in. testów Stroopa i uzupełniania słów (Bottvinick i in., 2001) oraz zadań kategoryzacji pod presją czasu i hamowania reakcji (Jones, Cho, Nystrom, Cohen i Braver, 2002), wykazano, że opisany mechanizm ewaluacyjny pozwala włączać kontrolę poznawczą w sytuacjach konfliktu wyłącznie na podstawie formalnej charakterystyki procesów poznawczych (tzn. jednoczesnej silnej aktywacji ujemnie skojarzonych reprezentacji).

Inną propozycję mechanizmu zmiany celów wykorzystującego monitorowanie formalnej charakterystyki procesów poznawczych wysunęli Vallacher i Nowak (1999) – modelujący system poznawczy za pomocą neuropodobnej sieci Hopfielda. Według badaczy, stopień nowości sytuacji na wejściu sieci można ocenić, analizując złożoność i natężenie przetwarzania przez nią informacji. Jeśli sytuacja jest znana, niewiele elementów sieci przetwarza informację. W sytuacji nowej (impasie) niemal cała sieć zaangażowana jest w poszukiwanie jakiegokolwiek znanej systemowi poznawczemu reprezentacji, która byłaby zbliżona do sytuacji nowej. W takim przypadku, ze względu na brak stabilnej reprezentacji na wejściu, jednostki przetwarzające otrzymują liczne i często sprzeczne sygnały od innych elementów systemu. W złożonym modelu systemu poznawczego proces monitorujący natężenie i spójność przetwarzania informacji w pewnym jego module „wie”, czy prezentowana informacja jest nowa dla modułu, i to zanim moduł ten sam rozpozna, jaka to informacja. Proces monitorujący może więc w nowej sytuacji przełączać stany modułów (np. między rozpoznawaniem a uczeniem się) i przełączać aktywność między różnymi modułami (np. gdy sytuacja jest nowa, może włączać moduł uwagi).

\* \* \*

Poznawcze mechanizmy samokontroli i samoregulacji, mimo że możliwe jedynie do pośredniego uchwycenia za pomocą metody naukowej, były niezwykle intensywnie badane w ciągu ostatniego dwudziestolecia. Wynikiem tych prac jest identyfikacja elementarnych procesów kontrolnych

(np. hamowania, przełączania, aktywowania) oraz postulowanie mechanizmów poznawczych tkwiących u podłoża tych procesów (tj. struktury neuronalne i poznawcze monitorujące i rozwiązujące konflikty pomiędzy procesami oraz zarządzające hierarchią celów). Dzięki obliczeniowemu modelowaniu i symulacji mechanizmów kontrolnych możemy obserwować, w jaki sposób owe procesy oraz mechanizmy generują złożone i spójne zachowanie całego (choć sztucznego) podmiotu oraz jak taki system jako całość potrafi kontrolować swoje procesy wewnętrzne. Choć wyjaśnienie w kategoriach mechanistycznych, a tym bardziej odtworzenie zjawiska samokontroli, polegającego na autonomicznym wyborze własnych celów oraz dostosowaniu do nich swojego zachowania wbrew wpływowi otoczenia, jest z pewnością jeszcze bardzo odległe, to mam nadzieję, że przedstawione koncepcje i przykłady pozwoliły Czytelnikowi wyobrazić sobie, w jaki sposób redukcja zjawiska samokontroli (oraz związanych z nim pojęć „podmiotowości” czy „wolnej woli”) jest w ogóle możliwa. Ewentualne skonstruowanie artefaktu (np. robota) zdolnego do autonomicznego działania o wysokim poziomie złożoności i koordynacji, choć na razie pozostaje poza zasięgiem nauki, byłoby dowodem, że owa redukcja jest rzeczywiście możliwa (Brooks, 1991). Psychologię czeka niewątpliwie, w najbliższych latach, intensywny rozwój przedstawianych w niniejszym rozdziale koncepcji i teorii.

---

## Literatura cytowana

---

- Allport, A., Styles, E.A. i Hsieh, S. (1994). Shifting intentional set: Exploring the dynamic control of tasks. W: C. Umiltá i M. Moscovitch (red.), *Attention and Performance*, XV (s. 421–452). Cambridge, MA: MIT Press.
- Anderson, J.R. (2005). Human symbol manipulation within an integrated cognitive architecture. *Cognitive Science*, 29, 313–342.
- Anderson, J.R., Corbett, A.T., Koedinger, K. i Pelletier, R. (1995). Cognitive tutors: Lessons learned. *Journal of the Learning Sciences*, 4, 167–207.
- Anderson, J.R. i Lebiere, C. (1998). *The atomic components of thought*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Baddeley, A. (1996). Exploring the Central Executive. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 49A, 5–28.
- Baumeister, R.F. (2000). Ego depletion and the self's executive function. W: A. Tesser, R.B. Felson i J.M. Suls (red.), *Psychological perspectives on self and identity* (s. 9–33). Washington, D.C.: American Psychological Association.
- Baumeister R.F. i Vohs K.D. (2004). *Handbook of self-regulation*. New York: Guilford Press.



- Bechtel, W. (2005). Mental mechanisms: What are the operations? W: B.G. Bara, L.W. Barsalou i M. Bucciarelli (red.), *Proceedings of the 27th Annual Conference of the Cognitive Science Society*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Block, J. (1996). Some jangly remarks on Baumeister and Heatherton. *Psychological Inquiry*, 7, 28–32.
- Botvinick, M.M., Braver, T.S., Barch, D.M., Carter, C.S. i Cohen, J.D. (2001). Conflict monitoring and cognitive control. *Psychological Review*, 108, 624–652.
- Brooks, R. (1991). *Cambrian intelligence: The early history of the new AI*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Brooks, R., Breazeal, C., Marjanović, M., Scassellati, B. i Williamson, M. (1999). The Cog Project: Building a humanoid robot. W: C. Nehaniv (red.), *Computations for metaphors, analogy and agents* (s. 52–87). Heidelberg: Springer Verlag.
- Byrne, M. i Anderson, J.R. (2001). Serial modules in parallel: The psychological refractory period and perfect time-sharing. *Psychological Review*, 108, 847–869.
- Carpenter, P.A., Just, M.A. i Shell, P. (1990). What one intelligence test measures: A theoretical account of the processing in the Raven Progressive Matrices test. *Psychological Review*, 97, 404–431.
- Carver, C.S. (2004). Self-regulation of action and affect. W: R.F. Baumeister i K.D. Vohs (red.), *Handbook of self-regulation* (s. 13–39). New York: Guilford Press.
- Chuderski, A., Stettner, Z. i Orzechowski, J. (2007). Computational modeling of individual differences in short term memory search. *Cognitive Systems Research*, 8, 161–173.
- Collette, F. i Van der Linden, M. (2002). Brain imaging of the central executive component of working memory. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 26, 105–125.
- Dennett, D.C. (1978). *Brainstorms*. Montgomery, VT: Bradford Books.
- Driver, J. i Monsell, S. (2000). *Control of cognitive processes. Attention and Performance, XVIII*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Glasspool, D.W. i Cooper, R.P. (2002). Executive processes. W: R.P. Cooper (red.), *Modelling high-level cognitive processes* (s. 313–362). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Gollwitzer, P.M. (1996). The volitional benefits of planning. W: P.M. Gollwitzer i J.A. Bargh (red.), *The psychology of action: Linking cognition and motivation to behavior* (s. 287–312). New York: Guilford Press.
- Goschke, T. (2000). Intentional reconfiguration and involuntary persistence in task set switching. W: J. Driver i S. Monsell (red.), *Attention and Performance, XVIII* (s. 331–355). Cambridge, MA: MIT Press.
- Gray, W.D. (2007). *Integrated models of cognitive systems*. Oxford: Oxford University Press.
- Holland, J.J. (1975). *Adaptation in natural and artificial systems*. Ann Arbor, MI: University of Michigan Press.
- Jones, A.D., Cho, R.Y., Nystrom, L.E., Cohen, J.D. i Braver, T.S. (2002). A computational model of anterior cingulate function in speeded response tasks: Effects of frequency, sequence, and conflict. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 2, 300–317.

- Kaczorek, T. (1993). *Teoria sterowania i systemów*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Kahneman, D. (1973). *Attention and effort*. New York: Prentice Hall.
- Karoly, P. (1993). Mechanisms of self-regulation: A systems view. *Annual Review of Psychology*, 44, 23–52.
- Kempisty, M. (1973). Sterowanie. W: M. Kempisty (red.), *Mały słownik cybernetyczny* (s. 420). Warszawa: Wiedza Powszechna.
- Kofta, M. i Doliński, D. (2000). Poznawcze podejście do osobowości. W: J. Strelau (red.), *Psychologia: Podręcznik akademicki* (s. 561–600). Gdańsk: Gdańskie Wydawnictwo Psychologiczne.
- Kolańczyk, A. (2002). Utajone cele, intencje, standardy: O podmiotowości rdzennej i samoświadomej. W: M. Jarymowicz i M.K. Ohme (red.), *Natura automatyzmów* (s. 225–231). Warszawa: Wydawnictwo Instytutu Psychologii PAN.
- Kuhl, J. (1995). A theory of action versus state orientations. W: J. Kuhl i J. Beckmann (red.), *Volition and personality* (s. 47–59). Seattle: Hogrefe and Huber.
- Locke, E.A. i Latham, G.P. (1990). *A theory of goal-setting and task performance*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Logan, G.D. i Bundesen, C. (2003). Clever homunculus: Is there an endogenous act of control in the explicit task cuing procedure? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 29, 575–599.
- Lovett, M. (2005). A strategy-based interpretation of Stroop. *Cognitive Science*, 29, 493–524.
- Meyer, D.E. i Kieras, D.E. (1997). A computational theory of executive cognitive processes and multiple-task performance. Part 1: Basic mechanisms. *Psychological Review*, 104, 3–65.
- Miyake, A., Friedman, N.P., Emerson, M.J., Witzki, A.H. i Howerter, A. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex „frontal lobe” tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, 41, 49–100.
- Monsell, S. (2003) Task switching. *Trends in Cognitive Sciences*, 7, 134–140.
- Newell, A. (1990). *Unified theories of cognition*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Nęcka, E., Orzechowski, J. i Szymura, B. (2006). *Psychologia poznawcza*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Nigg, J.T. (2000). On inhibition/disinhibition in developmental psychology: Views from cognitive and personality psychology and a working inhibition taxonomy. *Psychological Bulletin*, 126, 220–246.
- Paulewicz, B., Chuderski, A. i Nęcka, E. (2007). Insight problem solving, fluid intelligence, and executive control: A structural equation modeling approach. W: S. Vosniadou, D. Kayser i A. Protopapas (red.), *Proceedings of the 2nd European Cognitive Science Conference* (s. 586–591). Hove: Laurence Erlbaum.
- Pfeifer, R. i Scheier, C. (1999). *Understanding intelligence*. Cambridge, MA: MIT Press.

- Poczobut, R. (2006). System – struktura – emergencja. W: M. Heller i J. Mączka (red.), *Struktura i emergencja* (s. 11–38). Tarnów: Wydawnictwo Diecezji Tarnowskiej Biblos.
- Rabbitt, P. (1997). Methodologies and models in the study of executive function. W: P. Rabbitt (red.), *Methodology of frontal and executive function* (s. 1–38). Hove, UK: Psychology Press.
- Reason, J. (1990). Human error. New York: Cambridge University Press.
- Rogers, R.D. i Monsell, S. (1995). Costs of a predictable switch between simple cognitive tasks. *Journal of Experimental Psychology: General*, 124, 207–231.
- Salvucci, D.D. (2005). A multitasking general executive for compound continuous tasks. *Cognitive Science*, 29, 457–492.
- Schmeichel, B.J. i Baumeister, R.F. (2004). Self-regulatory strength. W: R.F. Baumeister i K.D. Vohs (red.), *Handbook of self-regulation* (s. 84–98). New York: Guilford Press.
- Shallice, T. (1988). *From neuropsychology to mental structure*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Soar Technology (2002). *Soar: A comparison with rule-based systems*. <http://www.soartech.com>
- Stroop, J.R. (1935). Studies in interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 18, 643–662.
- Taatgen, N. (2007). The minimal control principle. W: W.D. Gray (red.), *Integrated models of cognitive systems* (s. 368–379). Oxford: Oxford University Press.
- Umiltá, C. i Stablum, F. (1998). Control processes explored by the study of closed-head-injury patients. W: G. Mazzoni i T.O. Nelson (red.), *Metacognition and cognitive neuropsychology: Monitoring and control processes* (s. 37–52). New York: Lawrence Erlbaum.
- Vallacher, R.R. i Nowak, A. (1999). The dynamics of self-regulation. W: R.S. Wyer Jr. (red.), *Advances in social cognition*, 12 (s. 241–259). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Vallacher, R.R. i Wegner, D.M. (1987). What do people think they're doing: Action identification and human behavior. *Psychological Review*, 94, 3–15.
- Vohs, K.D. i Baumeister, R.F. (2004). Understanding self-regulation: An introduction. W: R.F. Baumeister i K.D. Vohs (red.), *Handbook of self-regulation* (s. 1–9). New York: Guilford Press.
- Wilson, B.A., Evans, J.J., Alderman, N., Burgess, P.W. i Emslie, H. (1997). W: P. Rabbitt (red.), *Methodology of frontal and executive function* (s. 239–250). Hove, UK: Psychology Press.