

- **Dzieje**
- **Problematyka**

CYBERNETYKA (gr. ἡ κυβερνητική [he kybernetiké] — sztuka sterowania, kierowania) — nauka o procesach sterowania i łączności w maszynach i organizmach żywych (abstrahująca od materialnego podłoża tych zjawisk) oraz o sposobach przekazywania informacji między częściami układu i między układami; jest działem matematyki stosowanej.

Dzieje. Jako nauka c. ukształtowała się w XX w. na kanwie stwierdzenia, że zjawiska sterowania podlegają takim samym prawom w układach nieożywionych i ożywionych. Historia c. sięga średniowiecza, w którym podejmowano zagadnienia teoretyczne (wprowadzenie algorytmu, czyli strukturalnoopisowych reguł wykonywania określonych czynności, jako receptury na otrzymanie prawidłowego wyniku arytmetycznego) i praktyczne, postulując np. utworzenie sztucznego człowieka (projekt golema — ożywionej figury), oraz początków czasów nowożytnych, kiedy w związku z mechanistyczną interpretacją człowieka, jego czynności i sposobu zachowania się, wysunięto problem relacji człowiek — maszyna. Choć w XVII w. Kartezjusz twierdził, że człowiek w relacji do zwierząt, uważanych za maszyny, jest jedynie częściowo maszyną, gdyż różni się od nich duszą, myśleniem, świadomością oraz zdolnością kierowania swymi czynnościami, to w XVIII w. J. de La Mettrie widział w człowieku tylko mechanizm złożony z nakręcających się wzajemnie sprężyn, odmawiając człowiekowi osobowościowej autonomii działania. Projekt maszyny (wykorzystany w c. współczesnej), realizującej złożone czynności człowieka, oraz podstawy logiki symbolicznej stworzył G. W. Leibniz; projekt posągu wyposażonego w urządzenia naśladujące funkcje zmysłów człowieka stworzył, uważany za prekursora c., É. B. de Condillac.

Na przełomie XIX i XX w. rozpoczął się rozwój prawie wszystkich działów c. Zagadnienie człowiek-maszyna podjęto na podstawie wyników fizjologii, ukazujących, że organizm ludzki jest automatem zmieniającym pożywienie na produkty budujące tkankę (I. P. Pawłow), oraz na podstawie wyników psychologii, wskazującej, że mózg ludzki jest samoczynną centralą telefoniczną łączącą wejścia wrażeń z wyjściami automatycznymi (K. Pearson, Ch. S. Sherrington, E. L. Thorndike); wyniki badań neurofizjologii miały potwierdzać analogie istniejące pomiędzy działaniem układu nerwowego a maszyną. Wykorzystując teorię, głoszącą że mózg ludzki tylko rejestruje doświadczenia uogólnione i abstrakcyjne, a następnie mechanicznie je przetwarza, W. McCulloch i W. Pitts przedstawili sieciowy model automatu skończonego, zdolnego do prezentacji dowolnego układu logicznego. Pierwsze techniczne urządzenie regulujące opracował J. C. Maxwell, natomiast A. Hurwitz, K. Kupfmüller i H. Nyquist sprecyzowali warunki stabilności układu.

Na postęp c. wpłynął wcześniejszy rozwój matematyki stosowanej: G. Boole opracował dwuwartościową algebrę logiki, tworząc teoretyczne podstawy maszyny cyfrowej, Ch. Babbage rzucił pomysł programowania „machiny analitycznej” z perfokartonów, H. Vereea podał zasadę arytmometrii o mnożeniu bezpośrednim, P. Marquand opracował sposób wykorzystania przekaźników

elektromagnetycznych w układach logicznych, P. Ehrenfest wykrył związek sieci elektrycznych z rachunkiem w logice matematycznej, E. Schröder stworzył teorię stosunków pomiędzy elementami jednego zbioru i elementami kilku zbiorów, R. Hartley i C. Shannon opracowali podstawy teorii informacji, a S. Kleene wskazał na nowe metody logiczne, umożliwiające badanie i przedstawianie zdarzeń w automatach skończonych. Dane teoretyczne o maszynach matematycznych posłużyły A. Turingowi i J. Neumannowi do stworzenia teoretycznej koncepcji maszyny, której można użyć do budowy innych maszyn.

Na modelowanie procesów biologicznych miało wpływ zastosowanie reguł matematyki klasycznej do opisu niektórych zjawisk biologicznych, np. wzrostu (A. d'Thompson), ujęcie w języku matematyki relacji między różnymi organami (A. J. Lotka i V. Volterra), aplikacja twierdzeń matematyki do wyjaśniania działania układu nerwowego (N. Rashevsky) oraz zastosowania teorii sterowania do procesów katalitycznego oddziaływania enzymów (H. Quastler).

Na ograniczone możliwości symulacji procesów wskazał K. Gödel, twierdząc, że twórczej intuicji człowieka nie da się zmodelować w komputerze, maszyna działa bowiem wyłącznie wg narzuconego jej programu, będąc narzędziem realizacji algorytmu.

Za twórcę c. jako nauki wykorzystującej wyniki badań różnych dyscyplin naukowych (elektrotechniki, socjologii, biologii, ekonomii, lingwistyki, fizyki i filozofii), zajmującej się procesem sterowania i komunikacją w systemach, uważa się N. Wienera; jego twierdzenia, że sterowanie w maszynach i żywych układach ma taką samą naturę, oraz że wszędzie, gdzie ono we wszechświecie istnieje, występuje sprzężenie zwrotne, dało początek próbom modelowania czynności układu nerwowego i konstruowania sztucznych organizmów (ćma-pluskwa Wienera, sztuczny żółw W. Waltera, homeostat W. Ashbyego, wiewiórka E. Berceleya, lis „miso” A. Ducrocqa, żółw E. Eichlera, mysz Shannona), a pośrednio przyczyniło się także do rozwoju m.in. psychologii, medycyny, socjologii, ekonomii.

Andrzej Szymański, Stanisław Zięba

Problematyka. Przedmiotem c. są systemy (układy) lub układy względnie odosobnione oraz ich własności związane z transformowaniem informacji i zasilań (energii).

C. pyta: „jak to działa”, ignorując kwestię: „z czego to jest zrobione”. C. dotyczy wszelkich form zachowania się, o ile są one regularne, określone i odtwarzalne. Materialność obiektów (systemów, układów) jest nieistotna. C. abstrahuje od właściwości tworzywa, dzięki czemu dostrzega i rozwiązuje zagadnienia ogólne. Sukcesy c. są możliwe przy jej zastosowaniu w problematyce o dostatecznej ogólności. C. nie odpowie np. na pytanie: czym różnią się odruchy warunkowe u psa i mrówki — odpowiedź może dać tu jedynie fizjologia; c. wykazuje natomiast, ile jest wszystkich możliwych typów (rodzajów) odruchów warunkowych.

Wyróżnić można dwie postaci c.: klasyczną i nowoczesną. C. klasyczna w obrębie swoich zainteresowań miała zwierzęta i maszyny, badając sterowanie oraz komunikację (przesyłanie informacji) zachodzące w nich i między nimi. C. nowoczesna to ogólna teoria władania i organizacji w systemach żywych, martwych i hybrydowych. Termin „władanie” obejmuje sterowanie (np. obra-

biarką), kierowanie (np. zespołem ludzkim), zarządzanie (np. finansami), dowodzenie (np. wojskiem), rządy (np. państwem), dyrygowanie (np. chórem) itp., termin „organizacja” (uorganizowanie) — komunikację wewnątrz systemu oraz między systemem a otoczeniem. C. nowoczesna w sposób widoczny poszerzyła zakres swoich zainteresowań badawczych, zarówno przedmiotowo, jak i treściowo, w porównaniu do c. klasycznej.

C. nowoczesna jest otwarta na rozwój systemów. Zależnie od rodzaju systemów, różny jest ich stopień uorganizowania, a także różny ich „poziom życia i rozwoju”. Każdy system „żyje” własnym życiem, jest jednak włączony w harmonię „życia” całego świata.

W odniesieniu do c. rozwoju występują dwa podstawowe kierunki badawcze: pierwszy dotyczy programu rozwoju (mają go np. organizmy żywe; jest nim kod genetyczny), drugi — programowania rozwoju. Dylemat dotyczy punktu wyjścia w badaniu rozwoju systemów: czy ma nim być rozwój przypadkowy, czy też celowy; c. nowoczesna eliminuje go przez posłużenie się sprzężeniem zwrotnym, sterowalnością i obserwowalnością w otoczeniu (bliższym i dalszym) systemu.

C. nowoczesna wiąże się z pojęciem pasji rozwoju, tj. z rosnącą potrzebą własnego rozwoju systemu oraz z potrzebą pomagania w rozwoju systemom otaczającym go. W zastosowaniu do człowieka c. nowoczesna inspirowała go do zrozumienia potrzeby rozwoju własnego i pomaganiu w rozwoju osobom drugim.

Wychowanie to szczególnie przypadek sterowania, samowychowanie — szczególnie przypadek samosterowania. Wychowanie, które przebiega niezgodnie z tezami teorii sterowania, jest skazane na niepowodzenie. Teoria sterowania oferuje wskazówkę: postąp możliwie najlepiej w sytuacji, w której się znajdujesz.

Biorąc pod uwagę procesy robocze określonego rodzaju, mówi się o różnych rodzajach c. stosowanej. Ważniejsze jej gałęzie to: c. techniczna, c. ekonomiczna, c. biologiczna (biocybernetyka), c. psychologiczna (psychocybernetyka), c. społeczna (socjocybernetyka), c. pedagogiczna, c. medyczna, c. wojskowa.

Twierdzenia c. teoretycznej, dzięki sformułowaniu abstrakcyjnym, pozostają otwarte dla jakościowo różnych interpretacji.

Do osiągnięć c. zalicza się: a) wprowadzenie ogólnej terminologii umożliwiającej porozumiewanie się między różnymi specjalistami i przyczynianie się w ten sposób do scalania nauki, która ulegała coraz większemu zatomizowaniu; b) wypracowanie metody badania układów o dużej złożoności. C. rokuje nadzieję na stworzenie skutecznych metod badania systemów wewnętrznie bardzo złożonych i sterowania nimi; c) wprowadzenie do nauk ścisłych nowego, bogatszego obrazu świata. Wskazanie, że oprócz materii (masy) i energii należy jeszcze uwzględnić informacje. Informacja, jakkolwiek jest związana z masą i energią, to jednak jest niesprowadzalna do nich; d) pomoc w zrozumieniu współczesnej nauki i współczesnego społeczeństwa. Wymienione systemy są bardzo złożone i ich złożoność powiększa się. C. umożliwia uzyskanie dobrej orientacji w ich funkcjonowaniu i rozwoju.

C. objęła wiele struktur, o których sądzono, że są charakterystyczne dla istot żywych, zwł. dla człowieka. Z tego powodu c. sprowokowała — jak ongiś teoria kwantów i teoria względności — wiele dylematów filozoficznych. Najbardziej

wyraźne i ogólne z nich to zagadnienia sztucznej inteligencji, sztucznego życia, systemów rozwijających i uczących się.

Mieczysław Lubański

Bibliografia: N. Wiener, *C. or, Control and Communication in the Animal and the Machine*, C 1948, 1985² (*C.*, czyli sterowanie i komunikacja w zwierzęciu i maszynie, Wwa 1971); N. Wiener, *The Human Use of Human Beings. C. and Society*, Lo 1950, 1954² (*C. i społeczeństwo*, Wwa 1960, 1961²); P. de Latil, *La pensée artificielle. Introduction à la c.*, P 1953 (*Sztuczne myślenie*, Wwa 1958); W. R. Ashby, *An Introduction to C.*, Lo 1956 (*Wstęp do c.*, Wwa 1961, 1963²); H. J. Flechtner, *Grundbegriffe der Kybernetik*, St 1966, 1970⁵; A. J. Lerner, *Nacząta Kibiernietyki*, Mwa 1967 (*Zarys c.*, Wwa 1971); H. Greniewski, *C. niematematyczna*, Ww 1969; H. Sachsse, *Einführung in die Kybernetik*, Brau 1971; P. Zdanowicz, *O niektórych związkach c. i ogólnej teorii systemów z naukami społecznymi i filozofią*, SF 21 (1977) z. 5, 57–70; S. Mynarski, *Elementy teorii systemów i c.*, Wwa 1979; J. Tchórzewski, *Inżynieria rozwoju systemów*, Siedlce 1990; tenże, *C. życia i rozwoju systemów*, 1992; M. Mazur, *C. i charakter*, Wwa 1999.

Andrzej Szymański, Stanisław Zięba