

Socjo-cybernetyczna analiza nauki

Zastosowanie metod cybernetyki do badania zjawisk społecznych stwarza zupełnie nowe możliwości, pozwalając, z jednej strony, na sformalizowane ujęcie teoretyczne procesów naukowej produkcji informacji, a z drugiej – na uzyskiwanie konkretnych rozwiązań, które mogą być pomocne przy sterowaniu rozwojem nauki.

W niniejszym artykule najpierw naszkicuję ogólny cybernetyczny model społecznych procesów produkcji informacji, oparty na cybernetycznej teorii układów samodzielnych M. Mazura¹, a następnie pokażę pewne konkretne rozwiązania problemów oceny wartości prac naukowych oraz projektowania schematów zarządzania nauką.

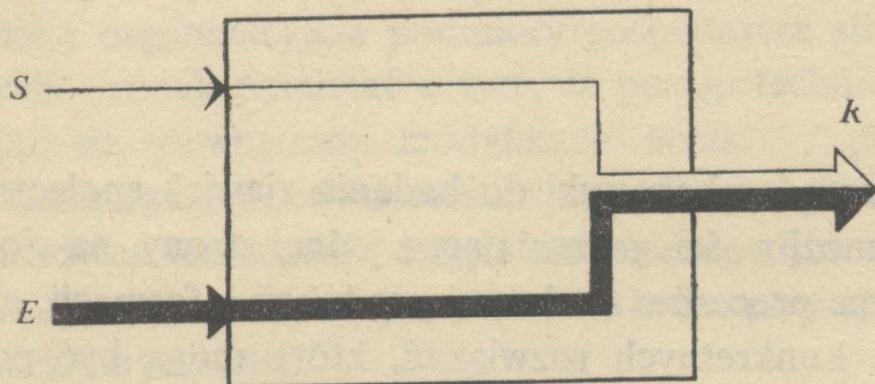
1. Społeczeństwo jako układ samodzielny

W cybernetyce społecznej zorganizowane społeczeństwo traktujemy jako układ cybernetyczny samodzielny, tzn. taki, który może się sam sterować zgodnie z własnymi interesami. Życie społeczne natomiast opisujemy jako zmienny w czasie proces wymiany energomaterii i informacji ze środowiskiem zarówno społecznym, jak i pozaspołecznym. Z procesem tym łączy się przetwarzanie energii i informacji. Wszelkie działania społeczne traktujemy jako reakcje układu samodzielnego, jakim jest społeczeństwo.

¹ Por. M. Mazur *Cybernetyczna teoria układów samodzielnych*, Warszawa 1966; por. też J. Kossecki *Cybernetyka społeczna*, Warszawa 1975.

Powstanie reakcji układu samodzielnego jest wynikiem dwóch procesów: pierwszy z nich to *proces energetyczny*, który ma doprowadzić do układu odpowiednie ilości energomaterii koniecznej do podjęcia określonych działań, a drugi to *proces informacyjny*, którego istotą jest spowodowanie określonej reakcji spośród wielu możliwych (z punktu widzenia możliwości, jakie stwarza dostarczona układowi energomateria); proces informacyjny rozpoczyna się od działania odpowiednich bodźców na układ, a kończy odpowiednią reakcją układu.

W układzie samodzielnym możemy więc wyróżnić dwa tory, którymi przebiegają obydwa procesy: *tor energetyczny* (zaznaczony na rys. 1 grubą



Rys. 1

linią), w którym odbywa się przetwarzanie energii (a ściślej – energomaterii) E na reakcję układu R oraz *tor informacyjny* (zaznaczony na rys. 1 cienką linią), którym odbywa się przenoszenie i przetwarzanie informacji niesionych przez bodźce S działające na układ.

Funkcje toru energetycznego pełni w społeczeństwie gospodarka, funkcje toru informacyjnego zaś różne instytucje naukowe, środki masowego przekazu informacji, biblioteki itp.

Jeżeli ośrodek sterujący społeczeństwem chce wywołać odpowiednie działania społeczne (reakcje układu), musi spowodować dostarczenie społeczeństwu odpowiednich środków energomaterialnych koniecznych do wykonania odpowiednich działań (oddziaływanie na tor energetyczny), a ponadto oddziaływać na społeczeństwo odpowiednimi bodźcami (oddziaływanie na tor informacyjny), które spowodują zużycie dostarczonych środków na tę właśnie reakcję, o którą chodzi ośrodkowi sterującemu. Bez oddziaływania informacyjnego dostarczone środki mogłyby albo zostać zużyte na inne działania, albo rozproszone.

Bodźce oddziałujące na tor informacyjny układu samodzielnego, jakim

jest społeczeństwo, możemy podzielić na bodźce o charakterze informacyjnym i bodźce o charakterze energetycznym. O bodźcach informacyjnych mówimy wtedy, gdy do wywołania odpowiednich skutków – w postaci zmian działań społecznych – nie są konieczne zmiany nakładów energomaterii zużywanych na wytworzenie i przesłanie bodźców; w przeciwnym razie mówimy o bodźcach o charakterze energetycznym.

Przykładem bodźców o charakterze informacyjnym może być komunikat propagandowy przekonujący o ideologicznej lub etycznej słuszności określonego działania; skuteczność oddziaływanego takiego komunikatu jest zależna przede wszystkim od jego zawartości informacyjnej (na jaki autorytet się powołuje, jakie cele stawia przed społeczeństwem itp.). Natomiast przykładem bodźców o charakterze energetycznym mogą być oddziaływanie represyjne zmuszające ludzi do określonych działań albo zapłata zużywana na zakup przedmiotów służących do zaspokajania energomaterialnych potrzeb ludzi. Skuteczność motywacyjna oddziaływania represyjnego jest ścisłe uzależniona od nakładów energomaterialnych zużytych na jego organizację i utrzymanie. Również motywacyjne oddziaływanie zapłaty zależy przede wszystkim od tego, co ludzie mogą kupić za pieniądze, które zarobią, a to z kolei jest uzależnione od nakładów energomaterialnych na produkcję dóbr konsumpcyjnych. Bardzo często mamy też do czynienia z bodźcami o charakterze mieszanym.

Oczywiście na wytworzenie bodźców o charakterze informacyjnym również trzeba użyć określone środki energomaterialne, niemniej jednak bez zwiększenia tych środków można uzyskać zwiększone efekty. Na przykład używając te same środki konieczne do wyprodukowania czasopisma można uzyskiwać zwiększenie motywacyjnego oddziaływania tego czasopisma tylko dzięki zmianie jego zawartości informacyjnej.

Energia przetwarzana w torze energetycznym nazywa się *energią roboczą*, natomiast energia zużywana na wytworzenie bodźców nazywa się *energią sterowniczą*. Ilość energii roboczej koniecznej do wywołania odpowiednich działań społecznych nie może być zmniejszana poniżej określonego poziomu, wynikającego – najogólniej mówiąc – z zasady zachowania masy i energii, natomiast ilość energii zużytej na cele sterownicze teoretycznie może być zmniejszana do dowolnie małej wartości. Oczywiście w praktyce również nie można sprowadzić energii sterowniczej poniżej pewnego minimum, niemniej jednak to minimum może być podstawą uzyskiwania rosnących efektów dzięki samej tylko zmianie struktury informacyjnej bodźców. Poza tym z reguły w przypadku tych samych działań społecznych

minimum energii sterowniczej jest znacznie mniejsze niż minimum energii roboczej.

Warto też w tym miejscu zaznaczyć, że na wywołanie odpowiednich efektów sterowniczych za pomocą bodźców o charakterze informacyjnym zużywa się z reguły mniej środków energomaterialnych niż na wywołanie analogicznych efektów za pomocą bodźców o charakterze energetycznym. Inaczej mówiąc, ludzie, którzy pracują pod wpływem motywów etycznych lub ideowych, nie muszą być kontrolowani, zmuszani, ani nawet tak wysoko opłacani, jak ludzie pracujący z chęci zysku lub ze strachu przed represjami.

Możemy w związku z tym powiedzieć, że układy społeczne, w których przy procesach sterowania społecznego przeważają bodźce o charakterze informacyjnym (przewaga motywacji informacyjnych), są bardziej wydajne niż układy, w których przeważają bodźce energetyczne (przewaga motywacji energetycznych). Inaczej mówiąc, układy o przewadze motywacji informacyjnych wymagają mniejszych nakładów na cele sterownicze niż układy o przewadze motywacji energetycznych.

W wyniku społecznego procesu wymiany energomaterii i informacji członkowie społeczeństwa przystosowują się do wymagań życia społecznego oraz – na zasadzie sprzężenia zwrotnego – organizacja społeczna przystosowuje się do potrzeb członków społeczeństwa. Procesy te polegają na wytwarzaniu odpowiednich regulatorów zachowania ludzkiego, które ogólnie nazywamy *normami społecznymi*. Cybernetycznym modelem norm społecznych są odpowiednie rejestraty w pamięci układu, która jest elementem toru informacyjnego.

W dalszych naszych rozważaniach będziemy się zajmować procesami informacyjnymi w układzie społecznym, zakładając milcząco, że środki energomaterialne konieczne do wykonania odpowiednich działań zostały społeczeństwu dostarczone.

Jeżeli na społeczeństwo działa określony bodziec, wówczas powstanie odpowiedniej reakcji (działania społecznego) zależy zarówno od tego bodźca, jak i od norm zarejestrowanych w pamięci społeczeństwa. Jeżeli np. bodźcem jest nakaz władzy państowej, wówczas wykonanie tego nakazu (reakcja) zależy nie tylko od bodźca, ale również od tego, czy w społeczeństwie istnieje norma posłuszeństwa wobec władzy państowej. Inaczej mówiąc, powstanie reakcji jest wynikiem współdziałania bodźca i normy.

Oddziaływanie bodźców na układ może prowadzić do natychmiastowych rezultatów, jeżeli odpowiednia norma społeczna została w układzie ukształt-

towana już wcześniej i w chwili działania bodźca istnieje w pamięci układu odpowiedni rejestrat powodujący przetworzenie danego bodźca na daną reakcję. W takim przypadku mówimy o *motywacyjnym oddziaływaniu bodźca*. Jeżeli natomiast odpowiednia norma nie została jeszcze w społeczeństwie ukształtowana, wówczas działanie bodźca może polegać nie na natychmiastowym wywołaniu reakcji, lecz na zarejestrowaniu w pamięci układu odpowiedniej normy, która dopiero w przyszłości doprowadzi do reakcji układu; w takim wypadku mówimy o *wychowawczym oddziaływaniu bodźca*. W przypadku oddziaływania motywacyjnego mówimy o *sterowaniu bezpośrednim*, natomiast w przypadku oddziaływania wychowawczego mówimy o *sterowaniu pośrednim*. W zorganizowanym społeczeństwie mamy do czynienia z całymi układami norm społecznych, które są tak ukształtowane, że związane z nimi działania społeczne są korzystne dla danego układu społecznego. W przeciwnym razie społeczeństwo ulegoby dezorganizacji.

Powstanie reakcji układu samodzielne poprzedzają dwa zasadnicze procesy w torze informacyjnym: a) *proces diagnostyczny* (poznawczy) i b) *proces decyzyjny*. Celem procesu diagnostycznego jest zdobycie informacji niezbędnych układowi do podjęcia dezyzji, celem procesu decyzyjnego zaś jest dokonanie wyboru rodzaju reakcji (działania). Zdobywanie informacji jest we współczesnym społeczeństwie odpowiednio zorganizowane; możemy też mówić o społecznych procesach produkcji informacji. W ramach tych właśnie procesów funkcjonuje nauka.

2. Społeczny proces produkcji informacji

W naszym modelu cybernetycznym społeczny proces produkcji informacji możemy opisać jako proces powstawania *norm poznawczych*, tj. norm społecznych dotyczących procesu diagnostycznego.

Bodźce działające na społeczeństwo przenoszą odpowiednie informacje rejestrowane w pamięci układu samodzielnego. Elementy pamięci układu, których zadaniem jest rejestrowanie odpowiednich informacji, nazywają się rejestratorami. Struktura odpowiednich komunikatów zawierających informacje dotyczące sytuacji w otoczeniu układu jest rejestrowana w formie odpowiednich skojarzeń między rejestratorami. Układ tych skojarzeń to reprezentacja diagnostyczna związków między zjawiskami w otoczeniu układu.

Stale powtarzające się związki między zjawiskami mają większą szansę wytwarzania w pamięci układu (społeczeństwa) trwałych skojarzeń (rejestrów) niż związki zdarzające się rzadko. Również silne bodźce mają większą zdolność wytwarzania skojarzeń niż bodźce słabe. Wreszcie w związku z procesem zapominania (derejestracji) skojarzenia bodźców niedawnych są silniejsze niż bodźców z odległej przeszłości. Zjawiska te warunkują zdolność człowieka do skutecznego samosterowania; szczegółowo zanalizował je M. Mazur².

Zbiór obiektów i stanów rzeczywistego świata energomaterialnego nazywamy *zbiorem oryginałów* i oznaczamy e_a . Związki między elementami zbioru oryginałów będziemy oznaczać I_{ab} (a i b to numery elementów e zbioru oryginałów, e oznacza zbiór oryginałów).

Dla oznaczenia poszczególnych przedmiotów i sytuacji występujących w otaczającym świecie społeczeństwo wytwarza sobie odpowiednie oznakowania werbalne. W ten sposób powstaje język jako narzędzie społecznego procesu wymiany informacji. Słowa, które przekazują sobie poszczególni członkowie społeczeństwa za pomocą odpowiednich sygnałów (bodźców), są rejestrowane przez odpowiednie rejestratory. Dzięki temu, że słowa języka kojarzą się z odpowiednimi przedmiotami i sytuacjami, które występują w rzeczywistym otoczeniu energomaterialnym, a układy słów z odpowiednimi układami tych przedmiotów i sytuacji, za pomocą komunikatów złożonych ze słów społeczeństwo może się dowiadywać o rzeczywistych przedmiotach i sytuacjach w otoczeniu.

Zbiór oznań, które społeczeństwo przyporządkowuje odpowiednim elementom świata rzeczywistego (zbiorowi oryginałów), nazywamy *zbiorem obrazów*. Poszczególne elementy zbioru obrazów oznaczamy przez i_r , a związki między elementami zbioru obrazów (skojarzenia) przez I_{rs} (r i s są to numery elementów zbioru obrazów, i oznacza zbiór obrazów).

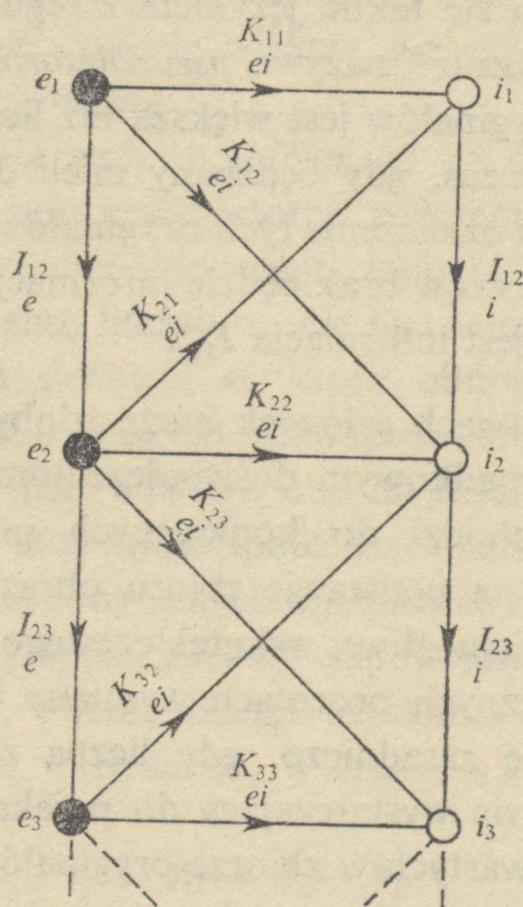
Związki między oryginałami i obrazami, zgodnie z określeniem podanym przez M. Mazura³, nazywamy *kodem* i oznaczamy przez K_{ar} (por. rys. 2).

Załóżmy, że społeczeństwo posiada pewną skończoną liczbę rejestratorów, za pomocą których rejestruje sygnały z otoczenia; sygnały te powstają w wyniku zaistnienia w otoczeniu określonych stanów. Z tych sygnałów

² Por. M. Mazur *op. cit.*, s. 60-129.

³ Por. *ibid.*, s. 37.

składają się kolejne komunikaty, które odbiera społeczeństwo. Jeżeli dla uproszczenia pominiemy wpływ zniekształceń, jakie mogą występować przy przekazywaniu komunikatów, ich odbiorze i rejestracji, wówczas możemy przyjąć, że między stanami zbioru oryginałów i stanami zbioru obrazów zachodzi ścisła odpowiedniość.



Rys. 2

Jeżeli, zgodnie z definicją podaną przez M. Mazura⁴, informacją nawiemy związek między stanami tego samego zbioru, wówczas ścisła odpowiedniość między stanami zbioru oryginałów i stanami zbioru obrazów oznacza, że informacje zawarte w zbiorze obrazów I_{rs} są identyczne z informacjami zawartymi w zbiorze oryginałów I_{ab} .

Możliwość odbioru przez układ informacji z otoczenia zależy od stanu jego rejestratorów, a ilość informacji odbieranych przez układ zależy od liczby posiadanych rejestratorów. Natomiast możliwość przekazywania informacji w społecznych procesach jej wymiany jest uzależniona od liczby oznakowań verbalnych, którymi dysponuje dane społeczeństwo.

⁴ Por. *ibidem*.

Szereg społeczeństw nie potrafiło wytworzyć wystarczającej liczby oznakowań verbalnych (pojęć) dla opisu stanów swego otoczenia energomaterialnego. Język takich społeczeństw zawiera dużo terminów wieloznacznych, a równocześnie brakuje oznakowań verbalnych na oznaczenie pewnych oryginałów. Język taki nie może w związku z tym służyć do precyzyjnego przekazywania informacji o stanach otoczenia energomaterialnego. Przy posługiwaniu się takim językiem z reguły mamy do czynienia z sytuacją, którą M. Mazur⁵ nazywa *pseudoinformowaniem dysymulacyjnym*; wówczas liczba oryginałów jest większa niż liczba obrazów. Sytuacja taka zaistnieje np. wówczas, gdy będziemy mieli dwa oryginały e_1 i e_2 , a tylko jeden obraz i_1 na oznaczenie tych oryginałów (por. rys. 2). W takim przypadku w zbiorze obrazów brak będzie informacji I_{12} , mimo że w zbiorze oryginałów zawarta jest informacja I_{12} .

W takich społeczeństwach człowiek może zdobywać informacje dzięki mniej lub bardziej przypadkowym doświadczeniom, które gromadzi i na podstawie których dochodzi do konkretnych umiejętności. Natomiast zdobywanie informacji na podstawie zbioru obrazów jest bardzo utrudnione, a czasem wręcz niemożliwe, wskutek częstego występowania pseudoinformowania w społecznych procesach wymiany informacji.

Sytuacja zmienia się zasadniczo, gdy liczba oznakowań verbalnych tworzących język staje się wystarczająca do przekazu, za pomocą zbioru obrazów, informacji zawartych w zbiorze oryginałów rzeczywistego świata energomaterialnego. Mamy wówczas do czynienia z *transinformowaniem*, tzn. informowaniem, w którym informacje w zbiorze obrazów są takie same jak informacje w zbiorze oryginałów⁶. Chodzi nam tu oczywiście o informacje, które mają istotne znaczenie dla społeczeństwa i o taki stopień zgodności informacji zawartych w zbiorze obrazów z informacjami zawartymi w zbiorze oryginałów, który pozwala społeczeństwu na skuteczne samosterowanie we własnym interesie. W ścisłym sensie trudno bowiem jest mówić o identyczności tych informacji.

Dzięki transinformowaniu społeczeństwo może zdobywać informacje ze zbioru oryginałów rzeczywistego świata energomaterialnego nie tylko przez doświadczenie, ale również przy wykorzystaniu zbioru obrazów, przez odpowiednie operacje na nim.

Gdy informacje zawarte w zbiorze oryginałów zdobywane są przez

⁵ Por. M. Mazur *Jakościowa teoria informacji*, Warszawa 1970, s. 121.

⁶ Por. *ibid.*, s. 87.

doświadczenie, to aby można było uzyskać określoną informację, w otoczeniu energomaterialnym musi zaistnieć określona sytuacja. Gdy natomiast informacje zdobywane są na podstawie zbioru obrazów, nie jest to konieczne. Aby w rzeczywistym energomaterialnym świecie zaistniała określona sytuacja, potrzeba na ogół o wiele więcej czasu, niż jest to konieczne do dokonania odpowiednich operacji na zbiorze obrazów. Dlatego szybkość zdobywania (produkowania) informacji na podstawie zbioru obrazów jest z reguły o wiele większa niż szybkość ich zdobywania na podstawie zbioru oryginałów⁷.

Z punktu widzenia wpływu informacji na działania społeczne oprócz szybkości produkcji informacji istotne znaczenie ma jeszcze jej wartość. Ekonomiczne ujęcie teorii informacji, zapoczątkowane przez J. Marshaka⁸, ma już dziś bogatą literaturę; nie będziemy w tym miejscu wprowadzać abstrakcyjnych definicji, w które obfituje literatura przedmiotu. Natomiast dla potrzeb naszych rozważań określmy wartość informacji za pomocą wpływu, jaki wywiera ona na działania społeczne.

Jeżeli w czasie t_1 aktywność społeczna, mierzona ilością odpowiednich działań społecznych wykonywanych w jednostce czasu, wynosi A_1 , a w okresie $[t_1, t_2]$ działają na społeczeństwo odpowiednie bodźce, które są nośnikiem informacji I_{12} , i jeżeli dzięki uzyskaniu tej informacji aktywność społeczna wzrasta do wartości A_2 w czasie t_2 , wówczas przyrost aktywności:

$$\Delta A = A_2 - A_1 \quad (1)$$

będziemy nazywać *społeczną wartością informacji* I_{12} .

Inaczej można powiedzieć, że dostarczona informacja pozwala społeczeństwu dokonać właściwego wyboru i wskutek tego działać skuteczniej niż wtedy, gdyby tej informacji nie posiadało. Ten wzrost skuteczności (wydajności) społecznego działania jest właśnie miarą społecznej wartości informacji.

Jeżeli w trakcie społecznego procesu wymiany i przetwarzania informacji nastąpi zmiana kodu, wskutek czego w zbiorze obrazów pojawią się pseudoinformacje, albo też z innych powodów w zbiorach obrazów pojawią się informacje niezgodne z informacjami zawartymi w zbiorze

⁷ Por. J. Kossecki *Cybernetyka społeczna*, ed. cit., s. 158 - 170.

⁸ Por. J. Marshak *Elements for Theory of Teams*, "Management Science", nr 1/1955.

oryginałów, mamy do czynienia z *dezinformacją* i wówczas społeczna wartość informacji zawartych w zbiorze obrazów maleje⁹.

Wydajność społecznych procesów produkcji informacji można rozpatrywać zarówno z punktu widzenia ilości informacji zdobywanych przez społeczeństwo w jednostce czasu, jak i z punktu widzenia wartości informacji. Dla wydajności tych procesów istotne znaczenie ma również problem motywacji, które odgrywają zasadniczą rolę u ludzi zatrudnionych przy produkcji informacji. Istnienie motywacji informacyjnych – w wypadku nauki jest to przede wszystkim dążenie do poznania prawdy – nie tylko przyspiesza szybkość produkcji informacji, ale również jest istotnym czynnikiem zapobiegającym pojawianiu się pseudoinformacji i dezinformacji w zbiorach obrazów, którymi dysponuje społeczeństwo, a przynajmniej znacznie ograniczającym możliwość ich pojawiania się.

Naukową metodę produkcji informacji będziemy więc określać jako metodę, w której: 1) przy zdobywaniu informacji istotną rolę odgrywa nie tylko doświadczenie, ale również odpowiednie operacje na zbiorze obrazów, 2) istotną rolę odgrywają motywacje informacyjne – przede wszystkim dążenie do poznania prawdy. Jeżeli w społecznym procesie produkcji informacji nie są spełnione oba powyższe warunki, wówczas mówimy o *przednaukowej metodzie produkcji informacji*.

Na podstawie wiadomości dostarczonych nam przez historię filozofii możemy stwierdzić, że nauka i związane z nią naukowe metody produkcji informacji powstały po raz pierwszy w historii w starożytnej Grecji. Jak stwierdza W. Tatarkiewicz: „... aby posiadane wiadomości mogły być uznane za naukowe, muszą być uporządkowane, zanalizowane, udowodnione. Bez tego są co najwyżej umiejętnościami, nie nauką. Ogólnie mówiąc, nauka wymaga nie tylko umenia, lecz i *rozumienia*”¹⁰. W nauce chodzi już nie tylko o zdobycie pewnych konkretnych informacji, ale również o ich wyrażenie za pomocą odpowiednich pojęć, chodzi też o wykrycie ogólnych praw rządzących badanymi zjawiskami. „Również i cel nauki – stwierdza W. Tatarkiewicz – jest odmienny niż cel umiejętności.

⁹ M. Mazur definiuje dezinformację jako niezgodność informacji zawartych w zbiorze obrazów z informacjami zawartymi w zbiorze oryginałów wskutek tego, że niektóre łańcuchy kodowe są niezupełne. (M. Mazur *Jakościowa teoria informacji*, ed. cit., s. 141.)

¹⁰ W. Tatarkiewicz *Historia filozofii*, t. I, Warszawa 1959, s. 23 (wyróżnienia w oryginale).

Celem nauki są także prawdy interesujące same przez sieć, podczas gdy w umiejętnościach chodzi tylko o prawdy praktycznie cenne. Umiejętności wytworzyły się dla celów praktycznych i dla tych celów wystarczały. Gdy zaczęto się także interesować prawdami dla nich samych, wtedy powstał nowy cel i sposób ich dochodzenia, cel i sposób naukowy”¹¹.

Dążenie do poznania prawdy stało się w starożytnej Grecji potężnym czynnikiem motywacyjnym, przyspieszającym proces produkcji informacji.

Przednaukowe metody produkcji informacji powstały o wiele wcześniej niż metody naukowe i do dziś jeszcze odgrywają pewną rolę w społecznych procesach zdobywania informacji, chociaż zasadniczą rolę odgrywają metody naukowe.

3. Pewne problemy optymalizacji sterowania nauką

W sterowaniu naukowymi procesami produkcji informacji zasadnicze znaczenie ma stymulowanie szybkości produkcji informacji. W zakresie informacyjnych metod sterowania rozwojem nauki można wyróżnić dwie zasadnicze grupy problemów: 1) dobór ludzi, 2) dobór schematu zarządzania.

Przy *doborze ludzi* zatrudnionych w naukowych procesach produkcji informacji zasadnicze znaczenie ma ocena wydajności ich pracy naukowej. W związku z tym, co powiedzieliśmy na temat społecznego procesu produkcji informacji, można zaproponować trzy następujące kryteria oceny wydajności pracy naukowej poszczególnych pracowników naukowych: a) ocena prac z punktu widzenia ilości zawartych w nich informacji, b) ocena z punktu widzenia wartości tych informacji, c) ocena z punktu widzenia ewentualnej zawartości pseudoinformacji lub dezinformacji.

Ocena prac naukowych z punktu widzenia zawartych w nich ilości informacji może mieć zastosowanie wtedy, gdy w grę wchodzą prace, których zadaniem jest rozwiązywanie problemu identyfikacji pewnych obiektów lub czynników. Wówczas do obliczenia ilości informacji zawartych w tych pracach można zastosować znany wzór Shannona. Jeżeli więc np. chcemy zidentyfikować przyczyny jakiegoś zjawiska, przy czym przed napisaniem pierwszej pracy, która ma podlegać ocenie, wiadomo było,

¹¹ Ibidem.

że wchodzi w grę 16 możliwych przyczyn oraz każda z nich jest jednakowo prawdopodobna, w pracy natomiast udowodniono, że naprawdę wchodzi w grę tylko 8 spośród tych 16 przyczyn, to – jak łatwo obliczyć – ilość informacji uzyskanej dzięki ocenianej pracy wyniesie:

$$I_1 = -\left(\frac{1}{16} \log_2 \frac{1}{16}\right) 16 - \left(\frac{1}{8} \log_2 \frac{1}{8}\right) 8 = 4 - 3 = 1 \text{ bit.}$$

Jeżeli następnie inny autor napisał pracę, w której wyróżnił jedną konkretną przyczynę spośród 8 równie prawdopodobnych przyczyn, to wówczas ilość informacji uzyskanej dzięki tej drugiej pracy wyniesie:

$$I_2 = -\left(\frac{1}{8} \log_2 \frac{1}{8}\right) 8 - 0 = 3 - 0 = 3 \text{ bity.}$$

Ocena prac naukowych według powyższego kryterium ma sens tylko w odniesieniu do prac, które zajmują się rozwiązywaniem zagadnień identyfikacyjnych tej samej klasy, ma więc bardzo ograniczony zakres.

Szerszy zasięg i większe znaczenie ma ocena prac naukowych na podstawie drugiego z wymienionych powyżej kryteriów, tj. według wartości informacji zawartych w ocenianych pracach. Teoretycznie ocenę taką można przeprowadzić posługując się wzorem (1). Powstaje jednak pytanie: w jaki sposób można zmierzyć wzrost aktywności społecznej uzyskany dzięki informacjom zawartym w ocenianej pracy?

W przypadku prac, które mają zastosowanie bezpośrednio w produkcji, sprawa nie jest trudna, można bowiem podstawić do wzoru wzrost wydajności procesów produkcji uzyskany dzięki danej pracy. Trudniej jest natomiast określić miarę wzrostu aktywności społecznej uzyskanego dzięki pracom teoretycznym lub pracom, które nie mają znaczenia dla produkcji, lecz tylko dla rozwoju samej nauki. Wówczas można zaproponować mierzenie wzrostu aktywności naukowej za pomocą liczby prac naukowych, w których są wykorzystywane informacje zawarte w ocenianej pracy. Podkreślić trzeba przy tym, że nie wystarczy brać pod uwagę tylko prace, w których cytuje się pracę ocenianą (może być tak, że autor ocenianej pracy jest przełożonym cytującego albo w grę wchodzą inne przyczyny niemerytoryczne), lecz trzeba sprawdzić, czy w odnośnych pracach rzeczywiście wykorzystuje się informacje uzyskane dzięki ocenianej pracy.

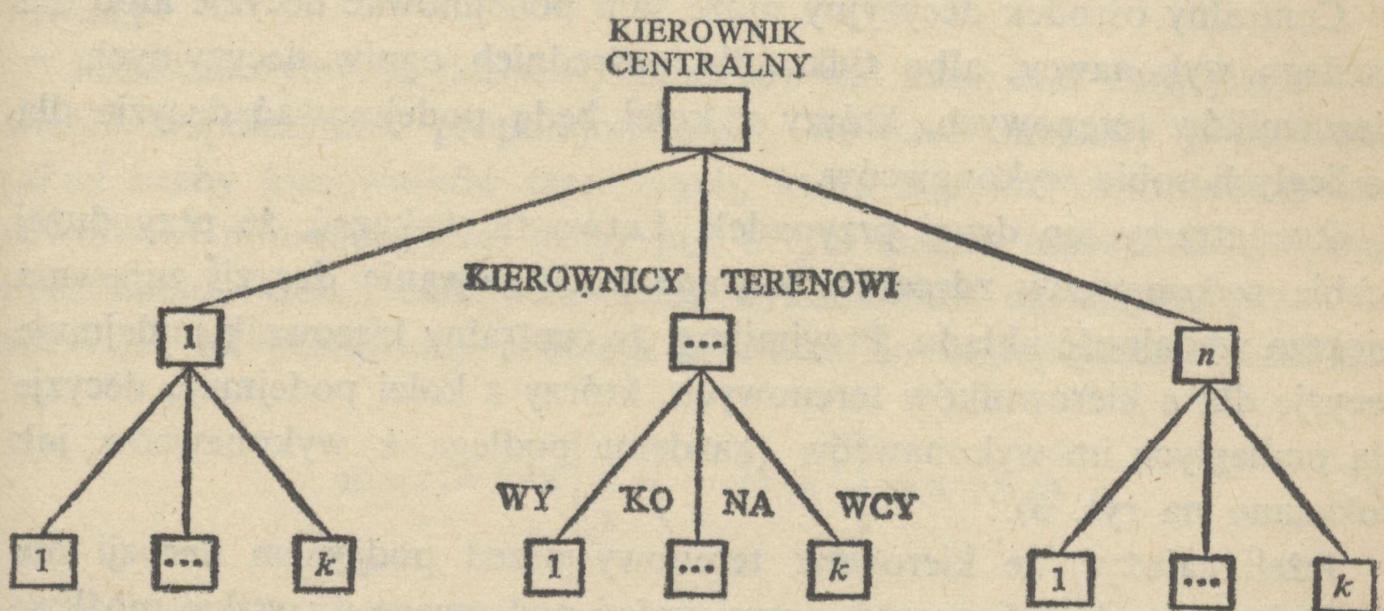
Mogą też oczywiście stosować inne metody pomiaru wzrostu aktywności społecznej uzyskanego dzięki informacjom zawartym w ocenianej pracy, dostosowane do jej charakteru.

Trzecie kryterium ma znaczenie przy eliminowaniu z nauki osób, u których motywacje poznawcze nie odgrywają dominującej roli.

Przy ocenie prac naukowych za pseudoinformacje należy uważać wszelkie dwuznaczne stwierdzenia (np. autor stawia jakąś tezę i następnie sam jej zaprzecza). Jako dezinformacje natomiast należy traktować niezgodności między informacjami zawartymi w odnośnych pracach a informacjami zawartymi w odnośnych zbiorach oryginałów (np. prognozy, które się nie sprawdziły, wskazywanie fałszywych lub pozornych przyczyn badanych zjawisk, naciąganie danych doświadczalnych, błędy w obliczeniach).

Odpowiednie dane dotyczące poszczególnych osób można kodować w odpowiedni sposób, a następnie wykorzystywać przy ocenie pracowników naukowych, zwłaszcza typowanych na kierownicze stanowiska w nauce.

Dobór schematu zarządzania nauką ma istotne znaczenie przede wszystkim w ustroju socjalistycznym, w którym istnieje centralne planowanie i sterowanie działaniami społecznymi również w zakresie naukowych procesów produkcji informacji.



Rys. 3

Problem optymalizacji schematu zarządzania można rozpatrywać z wielu punktów widzenia. Tu zajmiemy się optymalizacją z punktu widzenia wydajności układu, przy czym układem będzie dla nas organizacja nauki. Aby zbytnio nie komplikować rozważań, rozpatrzmy następującą strukturę układu: istnieje jeden centralny kierownik układu, któremu podlega n kierowników terenowych, a tym z kolei podlega odpowiednia

liczba wykonawców. Dla uproszczenia rachunków założymy, że każdemu kierownikowi podlega taka sama liczba wykonawców k . Taką strukturę układu pokazuje rysunek 3.

Wydajność wykonawców zależy od wielu czynników – od bazy energo-materialnej, od ich zdolności (do których oceny w przypadku pracy naukowej służyć mogą omówione powyżej kryteria) itp. We współczesnych wysoko rozwiniętych społeczeństwach na czoło zaczyna się wysuwać pewien czynnik, którego w ekonomii i teorii organizacji często jeszcze się nie docenia. Jest to czas podejmowania decyzji, który dalej będziemy nazywać *czasem decyzyjnym*. Współczesne ośrodki decyzyjne przed podjęciem decyzji zmuszone są brać pod uwagę coraz więcej czynników i przetwarzać coraz większą ilość informacji, wskutek czego czas decyzyjny coraz bardziej się wydłuża i w coraz większym stopniu decyduje o wydajności układu.

W związku z tym będziemy zakładać, że czas decyzyjny ośrodka kierowniczego jest podstawowym czynnikiem, od którego zależy wydajność układu. Jeżeli kierownictwo skróci swój czas decyzyjny, wówczas wydajność wykonawców odpowiednio wzrośnie.

Centralny ośrodek decyzyjny może sam podejmować decyzje albo dla każdego wykonawcy, albo tylko dla pośrednich ogniw decyzyjnych – kierowników terenowych, którzy z kolei będą podejmować decyzje dla podległych sobie wykonawców.

Rozpatrzmy ten drugi przypadek. Łatwo tu wykazać, że przy dużej liczbie wykonawców zdecentralizowane podejmowanie decyzji zapewnia większą wydajność układu. Przyjmijmy, że centralny kierownik podejmuje decyzje dla n kierowników terenowych, którzy z kolei podejmują decyzje dla podległych im wykonawców (każdemu podlega k wykonawców, jak pokazano na rys. 3).

Jeżeli założyć, że kierownik terenowy przed podjęciem decyzji dla podległych mu k wykonawców musi wziąć pod uwagę wszystkie możliwe kombinacje stosunków i oddziaływać między nimi, wówczas możemy przyjąć, że czas decyzyjny będzie wprost proporcjonalny do liczby tych kombinacji tzn. do $k!$. Zatem czas decyzyjny kierownika terenowego możemy wyrazić następującym wzorem:

$$\frac{t_d}{p} = C \cdot k!, \quad (2)$$

gdzie t_d oznacza czas decyzyjny kierownika terenowego, natomiast C jest współczynnikiem proporcjonalności charakteryzującym dany ośrodek kierowniczy.

Analogicznie czas decyzyjny kierownika centralnego będzie proporcjonalny do $n!$. Ponadto trzeba dodać, że kierownik centralny przed podjęciem decyzji dla kierowników terenowych powinien starać się uwzględnić wszystkie możliwe stosunki i oddziaływanie nie tylko między kierownikami terenowymi, ale również między wykonawcami podległymi poszczególnym kierownikom terenowym, w związku z tym czas decyzyjny kierownika centralnego będzie również proporcjonalny do $k!$ A zatem czas decyzyjny kierownika centralnego możemy wyrazić następującym wzorem:

$$t_d = C \cdot \frac{k!}{k} \cdot n!, \quad (3)$$

gdzie t_d oznacza czas decyzyjny kierownika centralnego, a C odpowiedni współczynnik proporcjonalności charakteryzujący centralny ośrodek kierowniczy.

Jeżeli założymy, że liczba wykonawców jest dana oraz dany jest odpowiedni współczynnik proporcjonalności, wówczas możemy poszukiwać takiej liczby kierowników terenowych, która zapewni centralnemu kierownikowi minimalny czas decyzyjny, a tym samym maksymalną wydajność układu. Jeżeli całkowitą liczbę wykonawców oznaczymy przez m , wówczas tak postawiony problem prowadzi do następującego rezultatu:

$$\min_k t_d = \min_k \left[C \cdot \left(\frac{m}{n} \right)! \cdot n! \right] \Rightarrow n = \sqrt{m}. \quad (4)$$

Zastanówmy się z kolei nad rozwiązaniem problemu optymalizacji schematu zarządzania w przypadku, gdy bodźcem wpływającym na efektywność poszczególnych jednostek jest możliwość awansu. Natężenie tego bodźca będzie wprost proporcjonalne do prawdopodobieństwa awansu w jednostce czasu na następny wyższy szczebel struktury (dla prostoty pomijamy możliwość awansu od razu o więcej niż jeden szczebel) pomnożonej przez korzyść uzyskaną w wyniku tego awansu. Takie założenie jest zgodne ze znany z psychologii matematycznej kryterium maksymalizacji przeciętnej użyteczności; hipoteza, że ludzie podejmują decyzje

o działaniu według tego właśnie kryterium, była już niejednokrotnie testowana z pozytywnym skutkiem¹².

Przyjmijmy, że awans danej jednostki na wyższy szczebel może być wywołany odejściem na emeryturę lub awensem jej bezpośredniego kierownika, przy czym w obu przypadkach wszyscy podwładni danego kierownika mają jednakowe szanse uzyskania awansu. Przy takich założeniach prawdopodobieństwo uzyskania awansu w jednostce czasu przez każdego z wykonawców — które oznaczamy p_1 — wyrazi się wzorem:

$$p_1 = \frac{1}{k \cdot T_2} + \frac{1}{n \cdot k \cdot T_3}, \quad (5)$$

gdzie: $T_2 = (t'_2 - t_2)$ — średni czas pozostawania na stanowisku kierowników terenowych; $T_3 = (t'_3 - t_3)$ — średni czas pozostawania na stanowisku kierowników centralnych; t_2 — średni wiek kierowników terenowych przy obejmowaniu stanowiska; t'_2 — średni wiek kierowników terenowych w chwili odchodzenia ze stanowiska (np. na emeryturę); t_3 — średni wiek kierowników centralnych przy obejmowaniu stanowiska; t'_3 — średni wiek kierowników centralnych w chwili odchodzenia ze stanowiska (np. na emeryturę).

Pierwszy człon sumy we wzorze (5) oznacza prawdopodobieństwo uzyskania awansu przez wykonawcę wskutek odejścia na emeryturę kierownika terenowego, drugi człon — prawdopodobieństwo awansu wykonawcy wskutek awansu kierownika terenowego na stanowisko kierownika centralnego (awansu związanego np. z odejściem na emeryturę kierownika centralnego).

Prawdopodobieństwo awansu kierownika terenowego w jednostce czasu przy założeniach jednakowych szans dla wszystkich kierowników terenowych — które oznaczamy p_2 — wyrazi się wzorem:

$$p_2 = \frac{1}{n \cdot T_3}. \quad (6)$$

Założymy, że korzyść z awansu jest wprost proporcjonalna do wzrostu, w wyniku awansu, liczby podwładnych podlegających danemu kierownikowi, pomnożonej przez czas pozostawania na danym stanowisku. Przy powyższym założeniu korzyść uzyskana w wyniku awansu na stanowisko

¹² Por. K. Szaniawski *Kryteria podejmowania decyzji*, w: *Problemy psychologii matematycznej* (pod red. J. Kozielskiego), Warszawa 1971, s. 303 - 324.

kierownika terenowego u_2 wyrazi się następującym wzorem:

$$u_2 = k \cdot T_2. \quad (7)$$

Wzrost korzyści z awansu ze stanowiska kierownika terenowego na stanowisko kierownika centralnego, u_3 , wyrazi się wzorem:

$$u_3 = n \cdot k \cdot T_3 - k \cdot T_3 = k \cdot (n-1) \cdot T_3. \quad (8)$$

Wielkością podlegającą optymalizacji będzie w tym wypadku W – suma natężeń bodźców motywacyjnych. Sumując po wszystkich elementach struktury otrzymamy:

$$W = p_1 \cdot u_2 \cdot n \cdot k + p_2 \cdot u_3 \cdot n = 2 \cdot n \cdot k + k \left(\frac{T_2}{T_3} - 1 \right). \quad (9)$$

Jeżeli bodźce działają stymulująco na aktywność układu, wówczas będzie chodzić o maksymalizację W i możemy problem optymalizacji zapisać w postaci:

$$\max W = \max \left[2 \cdot n \cdot k + k \left(\frac{T_2}{T_3} - 1 \right) \right]. \quad (10)$$

Jeżeli przez N oznaczymy liczbę wszystkich elementów układu:

$$N = n + n \cdot k + 1 \approx n \cdot (k+1), \quad (11)$$

to przyjmując, że minimalna liczba podwładnych podlegających jednemu kierownikowi wynosi 2, otrzymamy następujące granice zmienności wielkości n i k :

$$2 \leq n \leq \frac{N}{3}; \quad 2 \leq k \leq \frac{N}{2} - 1. \quad (12)$$

Rozwiązujeając problem optymalizacji (10) przy warunkach (11), otrzymamy następujące wartości n i k :

$$n = 2; \quad k = \frac{N}{2} - 1. \quad (13)$$

Można również optymalizować wartość W ze względu na stosunek $\frac{T_2}{T_3}$. Tak sformułowany problem będzie prowadzić do maksymalizacji tego stosunku.

Jak wynika z tych rozwiązań, problem optymalizacji (10) prowadzi do struktury, w której liczba kierowników terenowych jest minimalna, a liczba wykonawców podlegających poszczególnym kierownikom terenowym jest maksymalna, ponadto czas pozostawania na stanowisku kierownika centralnego jest minimalny, a czas pozostawania na stanowisku kierownika terenowego jest maksymalnie wydłużony.

Jeżeli porównamy ostatnie rezultaty z wynikiem (4), to przekonamy się, że – poza szczególnym przypadkiem, gdy $N=6$ – rozwiązania (4) i rozwiązania (13) nie dają się zastosować równocześnie do jednego schematu, nie można bowiem tych warunków spełnić równocześnie. Wynika stąd następnie wniosek, że układ, w którym podstawowym bodźcem wpływającym na aktywność społeczną jest możliwość awansu i związanych z nim korzyści, nie może, w ogólnym przypadku, osiągnąć swej maksymalnej teoretycznie możliwej wydajności. Jeżeli zatem chcemy uzyskać maksymalną teoretycznie możliwą wydajność układu, wówczas nie można opierać się na osobach, u których podstawowym czynnikiem motywacyjnym jest dążenie do awansu. W przypadku naukowych procesów produkcji informacji ten warunek jest możliwy do spełnienia, gdyż – jak stwierdziliśmy poprzednio – przy procesach tych decydującym czynnikiem motywacyjnym jest dążenie do poznania prawdy (co wcale nie oznacza braku innych motywacji, jak ekonomiczne, prestiżowe itp.).

*

Przedstawione powyżej rozważania można łatwo uogólnić na bardziej skomplikowane schematy wieloszczeblowe. Już jednak najprostsze zaprezentowane wyżej rozwiązania pozwalają na zaobserwowanie pewnych prawidłowości.

Najważniejszy wniosek, który można wyprowadzić z powyższych rozważań, polega na tym, że przy sterowaniu rozwojem nauki podstawowym problemem jest dobór ludzi, który bezpośrednio wpływa na wydajność układu.

Przy doborze ludzi zatrudnionych w naukowych procesach produkcji informacji zasadnicze znaczenie ma, aby ludzie ci mieli odpowiednie motywacje informacyjne – dążenie do poznania prawdy powinno być u nich podstawowym, choć nie wyłącznym, czynnikiem wpływającym na aktywność. Natomiast ludzie, u których podstawowym bodźcem wpływającym na aktywność jest możliwość awansu, nie stanowią najlepszego materiału na naukowców.