

Rafał Krupski

UNIWERSALNE MECHANIZMY ORGANIZACJI JAKO ARCHETYPY SYSTEMÓW SZTUCZNEJ INTELIGENCJI WSPOMAGAJĄCYCH ZARZĄDZANIE

1. Zagadnienia wstępne

Jeszcze kilka, kilkanaście lat temu komputerowe wspomaganie procesów zarządzania budziło wiele emocji wśród prominentnych teoretyków zarządzania, a nazywanie systemów ekspertowych sztuczną inteligencją było zdecydowanie nie do przyjęcia. Obecnie dość powszechnie użytkowane zintegrowane systemy zarządzania, zawierające nie tylko jawną bazę wiedzy, ale również moduły wnioskujące, eliminują często kadrę kierowniczą średniego szczebla. Wobec tych faktów powoli godzimy się z myślą, że sztuczna inteligencja istnieje i w wielu wypadkach jest stałym elementem różnych procesów regulacyjnych w przedsiębiorstwie.

Wśród ważnych kryteriów wartościowania wiedzy, obok adekwatności, spójności, wiarygodności i efektywności, wymienia się kompletność, której podstawą jest relacja: wymagana wiedza – dostępna wiedza [Owoc 2004, s. 74]. Poniżej zaprezentowana zostanie swoista morfologia procesów regulacji w przedsiębiorstwie, tych, które mogą być zalgorytmizowane, w konwencji pretendującej do wiedzy kompletnej – przynajmniej na pewnym z góry zidentyfikowanym poziomie epistemologicznym.

Punktem wyjścia do dalszych rozważań jest przyjęcie założenia o istnieniu uniwersalnych modeli struktury i funkcjonowania organizacji, opartych na kanonach ogólnej teorii systemów i cybernetyki, za pomocą których możliwy jest do odwzorowania w zasadzie dowolny układ techniczny czy społeczny. Spośród kilku podstawowych procesów zachodzących w przedsiębiorstwie wybrano procesy regulacyjne, dla których na kilku poziomach epistemologicznych starano się przedstawić w formie swoistych archetypów podstawy projektu systemu ekspertowego dla układu produkcyjnego.

2. Teoretyczne podstawy procesów regulacji w przedsiębiorstwie

Pojęcie regulacji nie jest jednolicie traktowane w literaturze przedmiotu, a morfologicznie trudno je odróżnić od innej podstawowej kategorii związanej z funkcjonowaniem dowolnej organizacji – od adaptacji. Podstawą tego rozróżnienia może być propozycja G.M. Weinberga, związana z transformacją stałą (regulacja) i zmienną (adaptacja) [Klir (red.) 1976, s. 135]. W pierwszym wypadku bazą odniesienia jest przyjęta norma układu (np. plan), w drugim zaś – dowolna, choć ważna wielkość najczęściej z otoczenia organizacji.

Z różnych ujęć procesów regulacji wybrałem wersję J. Gościńskiego [Gościński 1977, s. 64]. Według niej regulacja jest składową procesu sterowania, który obejmuje:

- 1) ustalanie celów, jakie mają być osiągnięte w pewnym momencie,
- 2) zastosowanie zasady regulacji do usuwania odchyłeń wielkości osiągniętych od wartości zadanych w przedziale czasu, kończącym się w momencie, z którym związany jest cel lub wiązka celów.

Ujęcie to może być podstawą do wąsko rozumianego zarządzania, które zostaje sprowadzone wyłącznie do usuwania odchyłeń od realizowanych celów lub troszkę szerzej – służy realizacji celów. Te ostatnie są traktowane trochę autonomicznie, a w każdym razie są „wyrzucone” poza obręb zarządzania, tzn. przed zarządzanie. Tak ujmowali to w latach sześćdziesiątych i siedemdziesiątych ubiegłego wieku różni autorzy polscy zajmujący się tzw. ekonomiką przemysłu. Tak też współcześnie traktują zarządzanie strategicznie autorzy amerykańscy, tytułując swoją książkę *Strategia i zarządzanie* [Stonehouse i in. 2001]. Z klasycznych jednak ujęć zarządzania wiemy, że jego integralną częścią jest planowanie, a ono z kolei obejmuje m.in. identyfikację celów.

Abstrahując jednak od treści zarządzania, można przyjąć, że regulacja to takie działanie systemu, które warunkuje osiągnięcie celu organizacji poprzez likwidowanie odchyłeń od trajektorii realizacji celu. Działania regulacyjne oraz sterowanie ze swoimi celami umożliwiają zachowanie tożsamości organizacji oraz są wyrazem aktywnego podejścia do kształtowania rzeczywistości, do kształtowania swojego otoczenia. Istotą zaś procesów adaptacyjnych jest utrzymywanie określonej równowagi pomiędzy organizacją a otoczeniem. W skrajnym wydaniu organizacja, odpowiadając na zmiany otoczenia, przyjmuje izomorficzne, tożsame z nim struktury. W tym wypadku odniesieniem swoistych odchyłeń jest nie norma (cele systemu), ale najczęściej zidentyfikowane (po ewentualnej zmianie) otoczenie. W skrajnym wypadku może to prowadzić do zmiany tożsamości organizacji.

W prezentowanym powyżej ujęciu adaptacja jest pojęciem szerszym od regulacji, niezależnie od układu odniesienia. Głębokość zmian w otoczeniu może spowodować bowiem konieczność zmian nie tylko w zakresie regulacji, ale w ogóle całego sterowania, włączając w to zmianę celów. Szczególnie interesującym, choć trudnym, przypadkiem jest zmiana strategii w reakcji na narastającą turbulencję

otoczenia. Problem niezbędnej w tym wypadku elastyczności celów strategicznych opisałem w pracy [Krupski (red.) 2005, s. 48-73].

3. Rodzaje regulacji

W.R. Ashby, pisząc o regulacji w układach biologicznych, wyróżnił dwa jej podstawowe rodzaje [Ashby 1963, s. 281-282]:

1) ochronę bierną, która polega na blokowaniu przepływu strumienia informacji przez umieszczenie na drodze strumienia czegoś, co działa jak bierna przeszkoda, tama (np. pancerz żółwia),

2) ochronę czynną (ochrona przez celowe przeciwdziałanie); rodzaj ochrony, która otrzymuje informacje o nadchodzących zakłóceniach, które mogą być złożone i ruchome, przygotowuje się do ich nadejścia i następnie przeciwstawia się im równie złożoną i elastyczną obroną (tym rodzajem ochrony posługują się najczęściej organizmy wyższe).

W rodzimej literaturze przedmiotu najpełniejszą klasyfikację rodzajów regulacji przedstawił S. Mynarski [Mynarski 1974, s. 63]. Wyróżnił on i scharakteryzował:

1. Eliminację zaburzeń, która polega na przeciwdziałaniu zakłóceniom w stanach wyjściowych układu za pomocą regulatorów usytuowanych na wyjściach układu. Rola tych regulatorów sprowadza się do bezpośrednich oddziaływań na stany wyjściowe układu regulowanego poprzez konfrontację zakłóceń z normą.

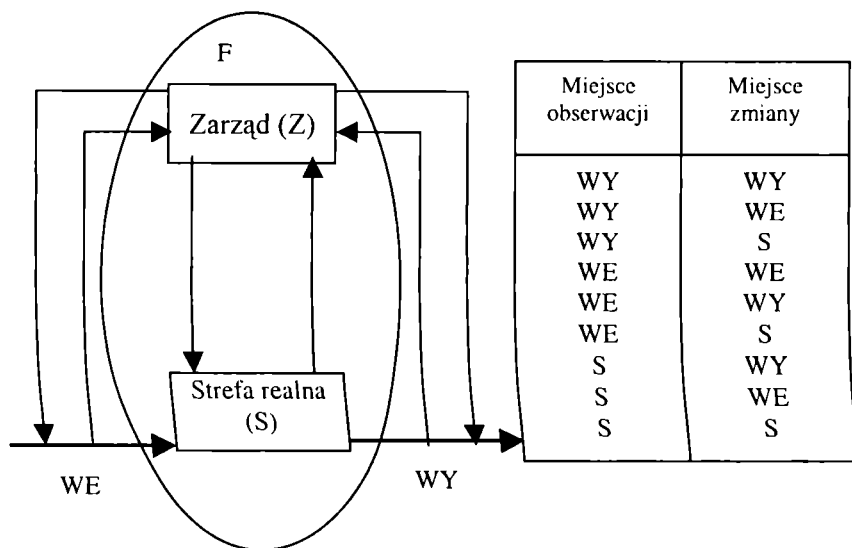
2. Kompensację zaburzeń, polegającą na oddziaływaniu regulatora na stan wejściowy układu. Rolę regulatorów pełnią tu kompensatory, które konfrontują zakłócenia w stanach wejściowych układu z normą stanu wyjściowego. Oddziałują na stany wejściowe, kompensując zakłócenia po stronie wejścia.

3. Wyrównywanie odchyłeń, którego podstawą nie są zakłócenia, lecz same stany wyjściowe układu regulowanego. O ile w dwóch poprzednich sposobach regulacji funkcjonowanie układu nie było kontrolowane przez urządzenia regulacyjne, o tyle w tym wypadku regulator jest włączony w system sprzężenia zwrotnego z układem regulowanym, korygując jego stany wejściowe stosownie do zaistniałych stanów wyjściowych i zadanej normy. Regulacja przez wyrównywanie odchyłeń dokonuje się więc automatycznie na zasadzie sprzężenia zwrotnego.

4. Uniwersalny model procesów regulacji w przedsiębiorstwie

W praktyce przedsiębiorstwa występują wszystkie wyodrębnione rodzaje regulacji. Ich systemowe, kompletne ujęcie prezentuje rys. 1. Zarząd (**Z**) firmy **F** pełni rolę regulatora całego układu, oddziałując poprzez sprzężenia proste i zwrotne na wszystkie wejścia (**WE**), wyjścia (**WY**) oraz wnętrze układu (**S**). Prezentowany model odwzorowuje wszystkie potencjalne związki regulatora (zarządu **Z**) z otoczeniem (poprzez wejścia **WE** i wyjścia **WY**) oraz ze sferą realną **S** firmy **Z**. Jak wynika z tabeli obok rysunku, jest ich dziewięć. Trzeba im nadać tylko okre-

śloną treść. Przykładowo związek drugi (wiersz drugi) w tej tablicy oznacza, że na określonej sytuacji w sprzedaży firma reaguje zmianą np. systemu zaopatrzenia, zmianą dostawców, negocjacjami cenowymi z firmami dostawczymi itp. Na tym pierwszym poziomie epistemologicznym jest to więc model kompletny z punktu widzenia związków logicznych między zdefiniowanymi w bazie wiedzy nie tyle regułami [Owoc 2004, s. 78], co wyodrębnionymi elementami systemu.



Rys. 1. Systemowy model organizacji firmy i zarządzania nią

5. Struktura i funkcjonowanie regulatora

Mechanizmy samej regulacji można przedstawić w wersji bardziej ustrukturalizowanej, prezentując strukturę i funkcjonowanie samego regulatora, którym w przedsiębiorstwie jest zarząd **Z**. Projekt takiego regulatora, ograniczony do układu produkcyjnego, przedstawiam poniżej.

Potencjalny regulator powinien zawierać przynajmniej następujące człony:

a) człon transformujący (CT), który jest modelem struktury lub procesu przedmiotu regulacji (danej organizacji), umożliwiającym symulowanie na nim skutków efektów (wyjść) działania w zależności od doboru i intensywności wejść;

b) antycypowane lub/i rzeczywiste kształtowania się wartości regulowanej wielkości muszą być porównywane z normą układu (np. planem, celem strategicznym) w członie porównawczym (CP);

c) w razie stwierdzenia rzeczywistego lub przewidywanego odchylenia regulowanej wielkości od jej normy trzeba przeprowadzić analizę przyczyn tego odchylenia, co może ułatwić jego likwidację; niezbędny jest więc człon analizujący (CA);

d) ostatnia faza podejmowania decyzji regulacyjnej, tzn. wybór określonego wariantu decyzji ze zbioru możliwych decyzji, może być wsparta zastosowaniem określonej metody optymalizacyjnej (np. programowaniem matematycznym); dlatego też w strukturze regulatora powinien być człon algorytmizujący decyzje (CAD);

e) możliwość antycypowania skutków decyzji regulacyjnych w członie (CT) może być głębsza dzięki prognozowaniu stanów wejścia; aby ta funkcja mogła być realizowana, musi istnieć członek prognozy wejść (CPW);

f) funkcja uczenia się systemu może być realizowana przez człon weryfikujący (CW); jego istotą jest zmiana modelu struktury lub procesu zawartego w członie (CT).

Wymienione wyżej człony regulatora i ich funkcje mogą być wysoce sformalizowane, a informatyczny system komputerowy scalający je w jeden zintegrowany układ można uznać za wspomagający zarządzanie system sztucznej inteligencji drugiego poziomu epistemologicznego. Ostateczną decyzję regulacyjną podejmuje oczywiście człowiek – odpowiedzialny za procesy regulacyjne menedżer. Stanowi on ostateczny członek decyzyjny układu (CD).

Macierzową wersję regulatora prezentuje rys. 2.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8
0	WE WY	CT	CP	CA	CAD	CPW	CW	CD	WE,WY lub wewnątrz RSP
1	WE,WY lub wewnątrz RSP	X	X			X	X		
2	CT		X					X	
3	CP	X						X	
4	CA							X	
5	CAD							X	
6	CPW	X							
7	CW	X							
8	CD		X	X	X				X

Objaśnienia:

WE – wejście do wewnętrznego członu regulatora lub do regulowanego systemu (łącznie z jego wejściami i wyjściami).

WY – wyjście z wewnętrznego członu regulatora lub z regulowanego systemu (łącznie z jego wejściami i wyjściami).

WE, WY lub wewnątrz RSP – regulowany system, który składa się z wnętrza rzeczywistego systemu produkcyjnego (RSP) i jego rzeczywistych wejść i wyjść.

X – potencjalnie możliwe sprzężenie informacyjne.

Rys. 2. Macierzowa postać struktury regulatora

6. Człon transformujący

Kolejnym przybliżeniem (trzeci poziom epistemologiczny) jest struktura i funkcjonowanie wyodrębnionych członów regulatora. Uwagi na ten temat przedstawiono na przykładzie członu transformującego (CT) rozważanego regulatora systemu produkcyjnego.

Podstawową funkcją transformatora jest transformowanie jednych informacji na inne za pomocą niezbędnego w tym celu zasilania. Ze swej istoty jest więc on w systemie regulacji podukładem przetwarzającym wejścia na wyjścia w procesie symulacji. Z formalnego punktu widzenia powinien on zawierać algorytm przetwarzania, najczęściej w postaci operatora – czyli funkcji przyporządkowującej jednoznacznie elementom zbioru wejść elementy zbioru wyjść. Ponieważ w tym wypadku repertuar wejść stanowią informacje o czynnikach produkcji, a repertuar wyjść stanowią informacje o wyrobach, o sprzedaży, sama transformacja powinna stanowić informacyjny opis procesu produkcyjnego, to znaczy powinna ujmować czasoprzestrzenne atrybuty tego procesu. Z drugiej jednak strony, jeżeli podstawową funkcją tego członu jest opis funkcjonowania systemu rzeczywistego, to powstaje pytanie, czy nie wystarczy, aby był on w swej treści izomorficzny z oryginałem systemu z jednoczesnym zrezygnowaniem z odwzorowania struktury układu. W tym wypadku proces produkcyjny może być ukryty w „czarnej skrzynce”, nieznana jest struktura procesu produkcyjnego. Transformator (ST) ukazuje jedynie związki wejść z wyjściami. Matematycznym opisem tych związków jest funkcja przejścia w swej ogólnej postaci:

$$Y = F(X).$$

Tego typu ujęcia charakteryzują statykę systemu. Jeżeli wielkości wejściowe i odpowiadające im wielkości wyjściowe ujmijemy jako zmienne w czasie, to stan i funkcjonowanie systemu można określić przez podanie skończonej liczby funkcji czasu. Wektor złożony z tych funkcji określa się wektorem stanu. Jest on zwykle rozwiązaniem równania różniczkowego pierwszego rzędu, wiążącego poszczególne składowe wektora stanu i wektora wejść. Uzupełnieniem opisu systemu są w tym wypadku równania typu:

$$y = g(u, x, t),$$

które obrazują zależność funkcyjną między wielkościami wyjściowymi a wielkościami wejściowymi i stanem procesu.

Inną formą transformandu pozwalającego na wyznaczenie interesujących nas odpowiedzi (wyjść) układu przy zadanych wymuszeniach (wejściach) jest transmitancja operatorowa. Transmitancja jest wielkością charakteryzującą właściwości dynamiczne układu liniowego o skupionych i stałych parametrach. W swej ogólnej postaci można ją zaprezentować jako iloczyn:

$$Y(S) = K(S) \cdot X(S),$$

gdzie: $Y(S)$, $X(S)$ – transformaty (np. Fouriera, Laplace’a) oryginałów, którymi są odpowiednio czasowe funkcje wyjścia $y(t)$ i czasowe funkcje wejścia $x(t)$,
 $K(S)$ – funkcja przenoszenia, czyli transmitancji.

O ile we wspomnianej poprzednio formie transformatora równań stanu i równań wyjść można prezentować oddzielnie właściwości strukturalne i funkcjonalne układu, o tyle za pomocą transmitancji właściwości te są skumulowane w funkcji przenoszenia $K(S)$.

Kolejnym sposobem określania zależności pomiędzy wejściem $x(t)$ i wyjściem $y(t)$ jest zależność wyrażona przez splot. Odpowiednikiem pojęcia splotu dla funkcji ciągłych jest splot dyskretny, znany jako iloczyn Cauchy’ego. Przekształcenie X w Y jako wektorów polega na tworzeniu kombinacji liniowej ze składowych wektora X zgodnie z regułami stosowanymi przy tworzeniu iloczynu Cauchy’ego.

Istnieją jeszcze inne sposoby modelowania transformatora wejść w wyjścia. Jednakże najbardziej uniwersalnym sposobem, zapewniającym empiryczną jedność odwzorowania właściwości strukturalnych i funkcjonalnych modelowanych systemów, jest model o równaniach współzależnych [Mynarski 1980, s. 30-31]:

$$A_0 Y_t + \sum_{i=1}^p A_i Y_{t-i} + \sum_{j=0}^r B_j X_{t-j} + C V_t = E_t,$$

gdzie: A_0 – macierz struktury wewnętrznej o wymiarach $n \times n$, opisująca sprzężenia między elementami systemu,

Y_t – wektor zmiennych endogenicznych o wymiarach $n \times 1$,

A_i – macierze inercyjne o wymiarach $n \times n$, opisujące wpływy wartości zmiennych endogenicznych sprzed i okresów na bieżące wartości tych zmiennych,

B_j – macierze wejściowe o wymiarach $n \times m$, opisujące wpływy wartości zmiennych egzogenicznych sprzed j okresów na bieżące wartości zmiennych endogenicznych,

X_t – wektor zmiennych egzogenicznych o wymiarach $m \times 1$,

C – macierz sterowania o wymiarach $n \times s$, opisująca wpływy wartości zmiennych instrumentalnych na bieżące wartości zmiennych endogenicznych,

V_t – wektor zmiennych instrumentalnych o wymiarach $s \times 1$,

E_t – wektor zakłóceń losowych o wymiarach $n \times 1$.

Kompletny projekt regulatora produkcji powinien zawierać nie tylko transformatory członu transformującego (CT), ale również określone algorytmy pozostałych członów, tzn.: porównawczego (CP), analizującego (CA), algorytmizującego decyzje (CAD), prognozy wejść (CPW) oraz weryfikującego (CW). Nie prezentuję ich ze względu na ograniczone normy opracowania. Członem decydującym (CD) jest

oczywiście menedżer, kierujący w tym wypadku układem produkcyjnym. Przyjęte rozwiązanie integruje nie tylko trzy wyodrębnione poziomy epistemologiczne, ale co najważniejsze – inteligencję naturalną człowieka (CD) ze sztuczną inteligencją egzemplifikowaną przez pozostałe człony, wspomagającą menedżera w podejmowaniu przez niego decyzji w procesie zarządzania (w tym wypadku produkcją). Podstawą projektowanego układu, swoistą naukową bazą projektu, są uniwersalne mechanizmy regulacyjne każdej organizacji, współtworzące teorię organizacji i zarządzania.

Literatura

- Ashby W.R., *Wstęp do cybernetyki*, PWN, Warszawa 1963.
 Gościński J., *Zarys teorii sterowania ekonomicznego*, PWN, Warszawa 1977.
 Mynarski S., *Elementy teorii systemów i cybernetyki*, Warszawa 1974.
 Mynarski S., *Modelowanie systemów ekonomicznych w aspektach odwzorowań strukturalnych i funkcjonalnych*, Folia Oeconomica Cracoviensia Vol. XXIII, Ossolineum, Wrocław 1980.
Ogólna teoria systemów, red. G.J. Klir, WNT, Warszawa 1976.
 Owoc M.L., *Wartościowanie wiedzy w inteligentnych systemach wspomagających zarządzanie*, AE, Wrocław 2004.
 Stonehouse G., Hamill J., Campbell D., Purdie T., *Globalizacja. Strategia i zarządzanie*, FELBERG SJA, Warszawa 2001.
Zarządzanie przedsiębiorstwem w turbulentnym otoczeniu. Ku superelastycznej organizacji, red. R. Krupski, PWE, Warszawa 2005.

UNIVERSAL MECHANISMS OF AN ORGANIZATION AS ARCHETYPES OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE SYSTEMS SUPPORTING MANAGEMENT

Summary

The article presents the project of production regulator as the example of the solutions of the artificial intelligence system. The presented system encloses three epistemological levels of a reality projection. Both a decision-maker man and supporting him (in a decision process) presented as the algorithm subsystems including separated phases of this process have been integrated in one system. Natural intelligence was conjugated with artificial intelligence in one system which makes decisions in a management process.

Prof. zw. dr hab. inż. Rafał Krupski jest dyrektorem Instytutu Organizacji i Zarządzania oraz kierownikiem Katedry Strategii i Metod Zarządzania na Wydziale Zarządzania i Informatyki Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu.