

Piotr Sienkiewicz*

Wartość informacji w systemach zarządzania organizacją

1. Wprowadzenie

Minęło sześćdziesiąt lat od opublikowania jednej z najbardziej znaczących prac ubiegłego stulecia poświęconej matematycznej teorii informacji Claude'a W. Shannona [1]. Od tego czasu nastąpił wspaniały rozwój informatyki i telekomunikacji, ogromny postęp w sferze technologii informacyjnych, co przyniosło, z kolei, wyłanianie się społeczeństwa informacyjnego oraz gospodarki opartej na wiedzy. W kontekście tych przeobrażeń w sferze nauki i technologii można obecnie rozpatrywać prace Shannona, bowiem dążenie do kwantyfikacji informacji doprowadziło do powstania wielu koncepcji, wśród których można wymienić następujące:

- pojęcie informacji według R. Ackoffa;
- nieprobabilistyczne ujęcie informacji (np. R. Ingardena i K. Urbanika);
- pojęcie informacji związane z jej treścią (np. Bar-Hillela);
- pojęcie informacji związane z jej jakością (np. M. Mazura) i użytecznością (np. K. Szaniawskiego) [2].

Do niektórych z tych ujęć odniesiemy się w artykule. Jeżeli obecnie uważa się informacje za zasoby strategiczne każdej organizacji, którym przypisuje się wartość nie mniejszą niż np. innych zasobów organizacyjnych, to warto przypomnieć próby wyrażenia istoty wartości informacji i jej miar. Rośnie także ranga bezpieczeństwa informacyjnego i zagrożeń, z powodu których wartość zasobów informacyjnych może ulec degradacji.

2. Wybrane koncepcje

Probabilistyczna teoria informacji Shannona nie jest jedyną znaczącą propozycją. Inne ujęcie zaprezentowali R. Ingarden i K. Urbanik [3], którzy przez informację rozumieli pewną funkcję $H(X)$ określoną w przestrzeni Boole'a inkluzji, spełniającą trzy aksjomaty:

* Warszawska Wyższa Szkoła Informatyki

- 1) monotoniczności: jeżeli Y jest podpierścieniem X , to $H(Y) < H(X)$;
- 2) addytywności;
- 3) nierozróżnialności: izomorficzne H -jednorodne pierścienie są H -równoważne, a H jest funkcją regularną określoną na przestrzeni Boole'a inkluzji.

Podobne ujęcie prezentuje J.L. Kulikowski [4], który rozumie informację jako zmniejszanie nieokreśloności wyboru z pewnego zbioru dopuszczalnych wartości lub potencjalnie możliwych stanów. Informacja dostępna jest pod postacią zmiennych informacyjnych określonych jako uporządkowana trójka:

$$X = \langle S, B_s, \mu \rangle,$$

gdzie:

- S – zbiór dopuszczalnych elementarnych wartości zmiennej informacyjnej, zwanych jej realizacjami;
- B_s – przeliczalnie addytywną algebrę podzbiorów zbioru S ,

$$B_s = \langle 2S + \rangle;$$

- μ – zasada półporządkowania elementów rodziny B_s , spełniająca postulaty kraty algebraicznej, której elementem minimalnym jest podzbiór pusty \emptyset , a elementem maksymalnym – zbiór S .

R. Carnap i Y. Bar-Hillel podjęli [5] problem tzw. informacji semantycznej. Założono, że istnieje skończona liczba zdań, które można zbudować, oraz istnieją pewne powiązania logiczne między tymi zdaniami. Informację pewnego zdania i definiuje się jako odpowiednio wybraną funkcję liczby zdań uwarunkowanych przez i . Dla tego zdania zakres wyboru i , oznaczony przez $R(i)$, jest zbiorem opisów stanów, w którym i pozostaje słuszne. Dla każdego opisu stanu z istnieje miara $m(z)$ taka, że $0 \leq m(z) \leq 1$, którą można interpretować jako prawdopodobieństwo *a priori* stanu z . Dla zdania prawdziwego i definiuje się $m(i)$ jako sumę $m(z)$ rozciągniętą na wszystkie z mieszające się w $R(i)$. Jako miarę informacji semantycznej przyjęto funkcję:

$$\inf(i) = -\log_2 m(i) = \log_2 [1 - \text{cont}(i)] - 1,$$

gdzie: $\text{cont}(i) = 1 - (i)$ jest tzw. miarą zawartości.

Dla rozważań nad efektywnością systemów zarządzania istotne znaczenie mieć będzie następujące sformułowanie ogólnego pragmatycznego problemu informacji: jak skutecznie otrzymywane informacje wpływają na efektywność zarządzania, a w konsekwencji i efektywność systemu działania. Zatem należy rozpatrywać pojęcia użyteczności i jakości informacji, aby przejść do zdefiniowania pojęcia wartości informacji.

Jedno z pierwszych i najpopularniejszych ujęć zagadnienia użyteczności (przydatności) informacji w procesie podejmowania decyzji jest ujęcie A. Charkiewicza [6]. Zgodnie z tą propozycją użyteczność U informacji J określa zależność:

$$U(J) = \log_2[P_1/P_0],$$

gdzie:

P_0 – prawdopodobieństwo osiągnięcia celu działania przed otrzymaniem ocenianej informacji J ,

P_1 – prawdopodobieństwo osiągnięcia celu po otrzymaniu informacji J .

Ujęcie powyższe w pełni oddaje pragmatyczny sens informacji wykorzystywanej w procesie działania.

Cecha informacji zwana użytecznością związana jest z problemem decyzyjnym, rozpatrywanym np. w konwencji tzw. psychologicznej teorii decyzji przyjmuje się bowiem, że wszelka informacja, która niewiedzę decydenta częściowo lub całkowicie redukuje jest z jego punktu widzenia pożądana, czyli użyteczna, zaś jej znaczenie zależy od konkretnego problemu decyzyjnego. Z pewnością mniej użyteczna jest informacja wówczas, gdy przy każdym stanie rzeczy skutki działania niewiele się między sobą różnią co do efektywności, niż – gdy są one pod tym względem drastycznie zróżnicowane.

W rozważaniach o użyteczności informacji można przyjąć następujący ogólny model [7]:

Niech obiekt zarządzania charakteryzowany jest za pomocą:

funkcji działania $G: X \times D \rightarrow Y$,

funkcji efektywności $F: X \times Y \times D \rightarrow E$,

funkcjonowanie systemu decyzyjnego opisuje przekształcenie: $P: V \times J \rightarrow D$,

zaś systemu informacyjnego $H: S \rightarrow J$ oraz $\eta: X \times Y \times Z \rightarrow S$.

Zakłada się, że decydent podejmować może decyzje w dwóch skrajnych sytuacjach:

- 1) w sytuacji dysponowania określonymi informacjami, czyli zgodnie z funkcją P ;
- 2) w sytuacji braku tych informacji, a więc zgodnie z funkcją: $\pi: W \rightarrow D', J = \phi$.

Użyteczność informacji J osiągnięta dzięki decyzji $d \in D$, gdy zachodzi stan rzeczy $s \in S$ taki, że $H(s) = i \in J$, zaś koszty związane z realizacją procesów informacyjnych wynoszą χ , określa się w sposób następujący:

$$U(d, s) = \sum_{s \in S} F[s, P(v, H(s))] p_s(i) - \chi,$$

gdzie $p_s(i)$ – prawdopodobieństwo otrzymania przez system decyzyjny informacji $i \in J$, gdy zachodzi stan $s \in S$.

Dla drugiej z wyróżnionych sytuacji użyteczność określa funkcja:

$$U(d', s) = \sum_{s \in S} F[s, \pi(v)] p_s(v),$$

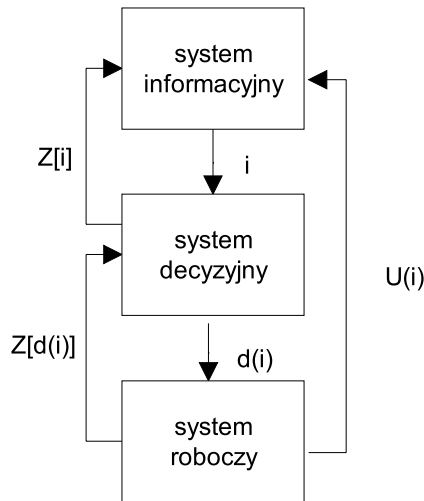
gdzie $p_s(v)$ – prawdopodobieństwo decyzji nadrzędnej (nadrzędnego systemu decyzyjnego) $v \in V$ przy stanie rzeczy $s \in S$.

Wtedy można mówić o względnej użyteczności informacji np. w sensie maksymalizacji minimalnej użyteczności bezwzględnej (kryterium max min Walda):

$$U(i) = \max_d \min_s U(d, s) - \max_{d'} \min_s U(d', s).$$

Powyższe ujęcie użyteczności informacji posiada sens tylko wtedy, gdy istnieją warunki niepewności.

W przypadku gdy $J \equiv S$ mamy do czynienia z tzw. informacją doskonałą.



Rys. 1. Schemat analizy użyteczności informacji w systemie zarządzania

Użyteczność informacji (rys. 1) może być wyrażana poprzez efektywność systemu. Zakłada się, że efektywność uzyskana wskutek podjęcia przez system decyzyjny decyzji $d(i)$ na podstawie informacji i otrzymanej z systemu informacyjnego wyniesie $E[d(i)]$, natomiast w przypadku jej nieotrzymania wyniesie $E(d)$. Użyteczność i -tej informacji z punktu widzenia systemu decyzyjnego wyniesie wtedy

$$Ei = E[d(i)] - E[d].$$

Ponadto przyjmuje się, że system informacyjny uzyskuje pewien zysk $Z[i]$ po udostępnieniu i -tej informacji, który wyniesie $Z_0[i]$, gdy ta informacja nie zostanie udostępniona. Wtedy użyteczność „brutto” informacji i z punktu widzenia systemu informacyjnego wyniesie:

$$Z_i = Z[i] - Z_0[i].$$

Jeżeli koszty przesyłania i przetwarzania informacji i wynoszą $K[i]$, zaś koszty systemu bez przetwarzania tej informacji – $K_0[i]$, to można określić zysk „netto” systemu informacyjnego po udostępnieniu i -tej informacji, jako różnicę: $Z[i] - K[i]$, natomiast zysk ten wyniesie $Z_0[i] - K_0[i]$, gdy informacja ta nie zostanie udostępniona.

Z punktu widzenia systemu informacyjnego użyteczność informacji i -tej wyniesie:

$$U'(i) = (Z[i]) - K[i] - (Z_0[i] - K_0[i]),$$

natomiast z punktu widzenia systemu decyzyjnego:

$$U^D(i) = (E[d(i)] - Z[i]) - (E[i] - \chi_0),$$

gdzie χ_0 – stałe koszty funkcjonowania systemu decyzyjnego.

Ogólną użyteczność i -tej informacji określa się jako „wartość dodatkową” wytworzoną przez system informacyjny:

$$U(i) = U'(i) - U^D(i).$$

3. Wartość informacji

Należy podkreślić względną niezależność ilości informacji zawartej w określonej wiadomości i jej wartości. Zależność wartości od ilości informacji ma dość często postać krzywej jednodomodalnej: wartość wzrasta w funkcji ilości informacji do pewnego maksimum, po czym może wykazać tendencję malejącą. Wynika to z faktu, że użytkownik informacji ma ograniczone możliwości efektywnego wykorzystania zbyt dużej ilości informacji dostarczonej w jednostce czasu, dlatego zadaniem systemu informacyjnego może być niekiedy zwiększenie wartości informacji poprzez jej ograniczenie (selekcję).

Uważa się, że wartość informacji może być wyrażona jedynie w sposób względny. Można na przykład założyć, że system decyzyjny dysponuje zbiorem informacji J , który można podzielić na K semantycznie niezależnych podzbiorów. Zagadnienie polega wtedy na określeniu reguł, które dla dowolnej decyzji $d \in D$ i dla dowolnych podzbiorów

rów $J_k, J_l \subset J$ pozwalają jednocześnie stwierdzić zachodzenie jednej i tylko jednej zależności

$J_k \prec^d J_l$, czyli informacje ze zbioru J_k mają mniejszą wartość niż informacje ze zbioru J_l z punktu widzenia decyzji $d \in D$;

$J_k \succ^d J_l$, czyli informacje ze zbioru J_k mają większą wartość niż informacje ze zbioru J_l z punktu widzenia decyzji $d \in D$;

$J_k \approx^d J_l$, czyli informacje ze zbioru J_k mają wartość porównywalną z informacjami ze zbioru J_l z punktu widzenia decyzji $d \in D$;

$J_k \neq^d J_l$, czyli informacje ze zbioru J_k są nieporównywalne pod względem wartości z informacjami ze zbioru J_l z punktu widzenia decyzji $d \in D$.

Tym samym do rodziny podzbiorów zbioru J została wprowadzona relacja częściowego uporządkowania podzbiorów ze względu na ich wartość dla podjęcia określonej decyzji.

Uzupełnieniem powyższych rozważań jest model [8], w którym przedmiotem badań są relacje zachodzące pomiędzy rzeczywistą informacją zawartą w danym obiekcie a informacją odebraną przez użytkownika za pośrednictwem systemu informacyjnego. Zakłada się, że cecha $a_j(t)$ charakteryzująca obiekt może przyjmować dyskretne wartości: $\alpha_1, \dots, \alpha_{L_j}$, zaś cecha ta w odebranej wiadomości jako $b_i(t)$ przyjmuje wartości: $\beta_1, \dots, \beta_{M_i}$. W przypadku, gdy $a_j(t) = \alpha_1$ oraz $b_i(t) = \beta_m$ uzyskuje się pewien efekt γ_{lm} . Przyjmuje się ponadto, że znane są: prawdopodobieństwo tego, że jeśli $a_i(t_0) = \alpha_k$, to odbiorca otrzyma $b_i(t) = \beta_m - \zeta_{km}(t)$ oraz $\rho_a(k)$ – prawdopodobieństwo, że $a_j(t_0) = \alpha_k$. Dane jest także prawdopodobieństwo $\pi_{kl}(t)$ tego, że cecha przyjmująca w chwili wartości αk przyjmie w chwili t wartość αl . Wtedy jakość informacji określa wyrażenie:

$$Q(t) = \sum_{l,m} \left[\gamma_{lm} \sum_{k=1}^L \rho_a(k) \pi_{kl}(t) \zeta_{km}(t) \right].$$

Powyższy model uwzględnia ocenę informacji w pewnych szczególnych przypadkach.

- gdy obiekt nie zmienia się, to jest $a_i(t) = a_i(t_0) = \alpha_k$:

$$Q(t) = \sum_{l=1}^L \sum_{k=1}^L \rho_a(k) \pi_{kl}(t) \gamma_{lk},$$

- gdy system informacyjny nie wnosi zniekształceń, tj. $b_i(t) = a_i(t_0) = \alpha_k$:

$$Q(t) = \sum_{l=1}^L \sum_{k=1}^L \rho_a(k) \zeta_{km}(t) \gamma_{km}.$$

Jeżeli w systemie przesyłanych jest r rodzajów informacji o różnych funkcjach jakości, rozkładach prawdopodobieństwa czasu dostarczania informacji do odbiorców ($w_j(t)$) oraz różnych kosztach dostarczenia (χ_j), to wtedy wartość informacji w systemie określa funkcja:

$$V = \sum_{j=1}^r \left[\int_0^{\infty} Q_j(t) w_j(t) dt - \chi_j \right].$$

4. Zakończenie

Zagadnienie oceny informacji wykorzystywanych w dowolnym procesie zarządzania jest niewątpliwie jednym z ważniejszych problemów badawczych, a to z dwóch powodów, po pierwsze – pragmatyczny aspekt informacji, to podstawa oceny efektywności obserwacji rzeczywistości w badaniach, a więc jest to także problem stricte metodologiczny; po drugie – ocena (prowadzona w kategoriach jakościowych) informacji, to podstawa efektywności samego systemu zarządzania, bądź systemu informacyjnego a więc jest to także problem praktyczny rozpatrywany w ramach inżynierii systemów, a inżynierii systemów zarządzania (systemów informacyjnych) w szczególności. Z tych to powodów, abstrahując od klasycznego ilościowego Shannonowskiego ujęcia informacji, warto zwrócić uwagę na jakościowe ujęcie informacji. W przedstawionej propozycji, dostrzega się znaczne możliwości i perspektywy rozwoju, które mogą się okazać tak wartościowe dla teorii (efektywności) systemów zarządzania, jak wartościową dla rozwoju telekomunikacji okazała się teoria informacji C. Shannona.

Literatura

- [1] Shannon C.E., Weaver W., *The Mathematical Theory of Communication*. Urbana 1969.
- [2] Mazur M., *Jakościowa teoria informacji*. WNT, Warszawa 1970.
- [3] Urbanik K., *O definicji pojęcia informacji*. Praca Polskiego Towarzystwa Cybernetycznego przy SGPiS, z. 1–2, Warszawa 1975.
- [4] Kulikowski J.L., *Banki informacji jako narzędzie zarządzania gospodarką narodową*. MON – PAN, Warszawa 1969.
- [5] Brilluin L., *Nauka a teoria informacji*. WNT, Warszawa 1969.
- [6] Charkiewicz A., *O ciennosti informacji*. Nauka, Moskwa 1973.
- [7] Sienkiewicz P. (red.), *Wartość informacji w dowodzeniu i zarządzaniu*. AON, Warszawa 2003.
- [8] Sienkiewicz P., *Inżynieria systemów*. MON, Warszawa 1983.