

Maciej Węgrzyn

## Ocena skuteczności procesów optymalizacyjnych zachodzących w systemach sterowniczych

Schemat działania systemu sterowniczego podał Marian Mazur w pracy /1/, podając jego strukturę i funkcje podsystemów. Do celów dalszych rozważań uogólnimy nieco ten schemat, nie rozpatrując struktury wewnętrznej, a jedynie "wejścia" i „wyjścia" systemu oraz przyjmując następujące uogólnienia:

- wejścia systemu są dwu typów:
- energetycznego, pobierające zasilanie "S" - z otoczenia,
- informacyjnego, pobierające informacje "I" z otoczenia. Zasilanie i informacje są następnie wykorzystywane w procesie sterowania,
- wyjścia systemu są również dwu typów:
- wyjście energetyczne, dające realizację w formie bodźca energetycznego "R" skierowanego na otoczenie,
- wyjście informacyjne, dające zoptymalizowane informacje przydatne w sterowaniu "O".

Przy tych uogólnieniach podsystem "efektor" będziemy uważać za składnik otoczenia.

Podobieństwa i różnice tak rozpatrywanych systemów sterowniczych pokazano na rys. 1.

Tak uogólniony system proponuję nazwać „systemem Mazur”: - Modyfikujący automat z uogólnionymi reakcjami /rys. 2/.

Liczenie ilości informacji wpływających do systemu i wydawanych przezeń czyni pewne niedogodności pomiarowe z powodów opisanych przez M. Mazura w pracy /2/, gdzie udowodniono, że wzór Shannona dotyczy tylko informacji identyfikujących, a w sytuacjach sterowniczych mogą występować zarówno informacje identyfikujące, jak i opisujące. Drugim powodem podanym przez J. Lechowskiego jest prawo zachowania informacji /praca 4/.

W pracy J. Kosseckiego /3/, wprowadzono pojęcie wartości sterowniczej informacji, która jest tym wyższa, im lepiej dana informacja nadaje się do osiągnięcia celu sterowniczego /str. 213/.

Wprowadźmy konwencję terminologiczną:

Użytecznością sterowniczą optymalizacji wykonywanej przez dany system sterowniczy będziemy nazywać różnicę między wartością informacji pobieranych przez system /"I"/, a wartością sterowniczą informacji zoptymalizowanych, wychodzących z wyjścia informacyjnego /"O"/.

We wspomnianej pracy J. Lechowskiego udowodniono, że informacja nie może płynąć bez nośnika, i że nośnikowi energomaterialnemu przypisuje się pewną graniczną ilość informacji, z czego wynika, że sprawa podziału wejść i wyjść jest sprawą umownego uogólnienia, dotyczącą wewnętrznej organizacji systemu, a nie właściwości obserwatora /nie jest ważne, czy obserwator uzna przejaw działania systemu za działanie wyjścia energetycznego czy informacyjnego, ważne jest, że rozróżnia to system sterowniczy/.

## Skuteczność optymalizacji

W jednostkowych odcinkach czasu pobieranie i wydawanie energii można mierzyć używając mocy jako miernika oddziaływania.

Ze względu na potrzeby własne systemu część pobieranej mocy będzie rozpraszana jako moc stracona  $P_{str}$ .

System nie może więc użyć całej mocy pobieranej  $S$  na cele realizacyjne "R". Stąd moc realizacyjna  $R$  będzie mniejsza od mocy pobieranej "R".

$$/1/ \quad S > R$$

Jednocześnie system przetwarza pobierane informacje o wartości "I", uzyskując wzrost wartości sterowniczej i wydaje je jako sposoby modyfikacji, czyli informacje zoptymalizowane o zwiększonej wartości "O".

Warunkiem równowagi działania systemu /jego stabilności w otoczeniu/ jest to, aby wzrost wartości sterowniczej informacji na wyjściu równoważył przez swoją skuteczność sterowniczą, zmniejszenie mocy wydawanej, gdyż tylko wtedy moc pobierana wystarczy na potrzeby systemu.

Równanie równowagi będzie miało postać równości iloczynów wartości wejściowych i wyjściowych:

$$/2/ \quad I \times S = O \times R$$

Wprowadźmy konwencję terminologiczną:

Współczynnikiem skuteczności optymalizacji  $q$  będziemy nazywali

$$q = \frac{O}{I}$$

stosunek wartości informacji wydawanych "O" do uzyskiwanych "I", stąd otrzymamy:  $O = q \times I$

i po podstawieniu do /2/:  $I \times S = q \times I \times R$   
skąd:

$$q = \frac{S}{R}$$

Zależność ta jest o tyle cenna, że uwalnia od konieczności liczenia informacji i ocenienia ich wartości sterowniczej - skuteczność działania systemu sterowniczego oceniamy po wynikach w zakresie stosunku mocy pobieranej z otoczenia do mocy wydawanej w celach sterowniczych, aby uzyskać właśnie takie zasilanie.

Mierzenie mocy następuje poza tym o wiele mniej trudności merytorycznych, łatwo to bądź obliczyć, bądź oszacować ze znanym błędem.

Wprowadzając do równania równowagi mocy moc strat  $P_{str}$ ,

$$/5/ \quad S = P_{str} + R$$

i podstawiamy do /5/

$$q \times R = P_{str} + R$$

$$P_{str} = qR - R = R/q-1/$$

/6/

$$R = P_{str} \times \frac{1}{q-1}$$

Jak widać współczynnik skuteczności optymalizacji powinien być większy od jedności, aby moc strat nie była ujemna - oznaczałoby to, że straty mocy na potrzeby własne pokrywane są z zapasów albo kosztem osłabienia koncentracji mocy w systemie. Przekształcając wzór /6/ można wprowadzić zależności:

$$S - P_{str} = R$$

$$S - P_{str} = P_{str} \times \frac{1}{q-1}$$

$$/7/ \quad S = P_{str} \left[ 1 + \frac{1}{q-1} \right]$$

Wzór ten oznacza, że przy nieoczekiwanym wzroście zasilania zewnętrznego i postulatcie utrzymania na niezmiennym poziom mocy zużywanej na potrzeby wewnętrzne systemu powinno się obniżyć współczynnik optymalizacji /stąd np. tańce po udanym polowaniu lub budowanie piramid w latach pomyślności gospodarczej/, aby nie zwiększać mocy przeznaczonej na użytek elementów systemu /którymi mogą być np. uczestnicy procesu produkcyjnego/.

#### Użyteczność sterownicza optymalizacji

Zgodnie z konwencją terminologiczną użyteczność sterownicza optymalizacji "U" jest różnicą wartości informacji "O" i "I"

$$U = O - I$$

współczynnikiem użyteczności nazwiemy stosunek użyteczności wartości sterowniczej informacji pobieranych

/8/

$$u = \frac{U}{I} = \frac{O - I}{I} = \frac{q \times I - I}{I} = q - 1$$

Współczynnik użyteczności jest miarą przyrostu wartości sterowniczej informacji wydawanych do wartości sterowniczej informacji pobieranych. Jest to miara wykorzystania pobieranych informacji, charakteryzująca zdolności systemu sterowniczego do wyszukiwania sobie źródeł wartościowych informacji.

Współczynnikiem postępu optymalizacji nazwiemy stosunek użyteczności sterowniczej do wartości sterowniczej informacji wydawań /oznaczymy go przez „d” /jak development/.

/9/

$$d = \frac{U}{O} = \frac{O - I}{O} = \frac{q \times I - I}{q \times I} = \frac{q - 1}{q}$$

Jest to miara wykorzystania do celów sterowniczych informacji

przetworzonych /zoptimalizowanych/ przez system. Współczynnik postępu optymalizacji jest oznaczeniem stopnia zawartości informacji sterowniczych wypracowanych przez system w całości wydawanych informacji, stopniem innowacyjności.

Przykład szacunkowych obliczeń współczynników skuteczności, użyteczności i postępu optymalizacji.

Porównajmy współczynnik optymalizacji dla pracy "fizycznej" i "umysłowej".

Wydatek kaloryczny na dniówkę roboczą wynosi wg tablic /5/ przy ciężkiej pracy „fizycznej” 4500 kcal /12 godz. przy zasilaniu zawartym w posiłkach 7500 kcal/dobę, stąd mamy:

skuteczność

$$q = \frac{S}{R} = \frac{7500}{4500} = \frac{5}{3}$$

użyteczność

$$u = q - 1 = 2/3$$

postęp

$$d = 1 - 1/q = 2/5$$

Dla pracy umysłowej przyjmujemy: całkowita moc zużyta na pracę 1250 kcal/dniówkę, całkowite zasilanie 2500 kcal./dziennie /mniejsze od średniej z rocznika statystycznego = 2870 kcal./dziennie/,

stąd mamy:

skuteczność

$$q = 2500/1250 = 2$$

użyteczność

$$u = q - 1 = 1$$

postęp

$$d = 1 - 1/q = 1/2$$

Jak widać, mimo przyjętych w przykładzie danych niekorzystnych dla pracy umysłowej /w rzeczywistości zużycie mocy jest mniejsze niż 1250 kcal/dziennie, a przy pracy fizycznej zasilanie jest mniejsze niż 7500 kcal/dziennie, współczynniki skuteczności, użyteczności i postępu optymalizacyjnego są dla pracy umysłowej wyższe. Mimo, że różnica w zasilaniu

$$7500 - 2500 = 5000$$

jest bardzo duża - moc zużyta na potrzeby własne systemu przy "pracy fizycznej"

$$7500 - 4500 = 3000$$

jest wyższa od całego zasilania systemu "pracy umysłowej", ta ostatnia uważana jest za "lepszą".

Dróg postępu w przemyśle szuka się często w drodze zwiększania wydajności maszyn i ograniczania wysiłku, aby zmniejszyć ilość mocy wydawanej przy pracy. Jeżeli stanie się to w drodze przemian w "otoczeniu" to przy niezmiennym współczynniku skuteczności optymalizacji otrzyma się spadek zasilania zgodnie z

iloczynem:

$$S = q * R$$

Dlatego próby przenoszenia pracowników niewykwalifikowanych do pracy przy skomplikowanych urządzeniach oznaczają spadek produkcji.

Raczej zwiększenie zasilania dla pracowników "umysłowych" jest drogą do zwiększenia zasilania całości, bo optymalizacja o wyższym współczynniku skuteczności daje proporcjonalnie wyższe przyrosty zasilania.

Współczynnik "q" nie jest jednak wartością stałą i może się zwiększyć np. przez przyuczenie do zawodu czy szkolenie /w odczuciu potocznym mówi się, że przeszkolonemu "łatwiej" się pracuje/.

### Organizacja pracy zespołów systemów optymalizacyjnych

Rozpatrzmy dwa sposoby organizacji systemów optymalizacyjnych:

a/ równoległy, w którym ta sama informacja jest przetwarzana przez niezależne systemy należące do organizacji,

b/ szeregowy - w którym informacja przetworzona przez jeden system jest następnie przetwarzana przez następny system.

W systemie równoległym mamy: /rys. 2/

$$O_1 = I \times q_1$$

$$O_2 = I \times q_2$$

$$O_c = \sum O_i = \sum I \times q_i = I \sum q_i$$

łączny współczynnik optymalizacji

$$q = \frac{\sum S}{\sum R} = \frac{\sum O}{\sum I} = \frac{I \sum q_i}{n \times I} = q_{sr}$$

współczynnik użyteczności

$$u = \frac{U_c}{I_c} = \frac{O_c - I_c}{I_c} = \frac{I \sum q - n \times I}{n \times I} = \frac{\sum q_i}{n} - 1$$

wyrażenie

$$\frac{\sum q_i}{n}$$

oznacza średnią wartość współczynnika skuteczności, a więc

$$u = q_{sr} - 1$$

współczynnik postępu

$$d = \frac{U_c}{O_c} = \frac{I \sum q_i - n \times I}{I \sum q_i} = 1 - \frac{n}{\sum q_i} = 1 - \frac{1}{q_{sr}}$$

Jak widać, przy równoległej pracy systemów optymalizacyjnych łączna wartość informacji  $O_c$  jest duża, ale współczynniki użyteczności i postępu zależą

tylko od skuteczności średniej, więc nie są duże.

Przy pracy szeregowej system następny pobiera i przetwarza informacje już przetworzoną przez system poprzedni:

$$O_1 = q_1 \times I$$

$$O_n = q_1 \times \dots \times q_n \times I$$

$$O_c = O_n$$

Jeżeli współczynniki skuteczności są jednakowe

$$q_1 = q_2 = \dots = q_n = q$$

$$O_c = I \times q^n$$

$$U = O_c - I_c = I \times q^n - I = I \times (q^n - 1)$$

to użyteczność sterownicza całości będzie  
Współczynnik skuteczności  $q_c$

$$q_c = \frac{O_c}{I} = q^n$$

użyteczność  $u$

$$u = \frac{U}{I} = q^n - 1$$

współczynnik użyteczności jest więc prawie równy skuteczności, gdy  
 $n = \infty$

postęp

$$d = U / O_c$$

$$\frac{I \times (q^n - 1)}{I \times q^n} = 1 - \frac{1}{q^n}$$

Współczynnik postępu

$$d = 1 \quad \text{gdy} \\ n = \infty$$

Przy dużej ilości zorganizowanych w sposób szeregowy systemów optymalizacyjnych końcowa informacja jest tak "wysoko przetworzona", że sprawia

wrażenie "zupełnej" innowacji, czegoś, co ostatni system wytworzył "sam z siebie", ale podany schemat pokazuje, że jest to wynikiem pracy całego ciągu odpowiednio zorganizowanych systemów.

Jednostkowe współczynniki skuteczności mogą być niewielkie, a nawet któreś z nich mogły być mniejsze od jedności, a wynik będzie dużo lepszy niż przy łączeniu równoległym. Kłopot polega jedynie na tym, iż nie wiadomo, które ze zorganizowanych w ten sposób systemów przetwarzają skuteczniej, a które mniej skutecznie, ale nie jest to problem optymalizacji przetwarzania przez dany system, a pewnego podejścia do zagadnienia zwanego "syndromem anankistycznym" /szerzej omówionego przez St. Lema w "Ananke" /6/.

### Dynamizm optymalizacyjny

Stosunek wartości informacyjnej I na wejściu systemu "mazurek" do wielkości mocy zasilania S nazwiemy dynamizmem informacyjnym środowiska /otoczenia/.

$$D_s = \frac{I}{S} = \frac{I}{q \times R}$$

Stosunek wartości informacyjnej O na wyjściu systemu do wielkości mocy roboczej R nazwiemy dynamizmem informacyjnym roboczym systemu "mazurek".

$$D_r = \frac{O}{R} = \frac{q \times I}{R}$$

Dynamizm optymalizacyjny systemu "mazurek" będzie różnicą tych dynamizmów.

$$D_m = D_s - D_r$$

$$D_m = \frac{I}{S} - \frac{O}{R}$$

przedstawiając  $S = q \times R$  oraz  $O = q \times I$  otrzymamy

$$D_m = \frac{I}{q \times R} - \frac{q \times I}{R} = \frac{I / 1 - q^2}{q \times R}$$

Wprowadźmy konwencje terminologiczne:

Adaptacja systemu jest to stosunek dynamizmu systemu optymalizacyjnego do dynamizmu środowiska.

$$A = \frac{D_m}{D_s} = \frac{I \times /1 - q^2/}{q \times R} \div \frac{I}{q \times R} = /1 - q^2/$$

Jak widać adaptacja systemu wzrasta szybko przy wzroście współczynnika skuteczności optymalizacji.

Kompetencja systemu będzie to stosunek dynamizmu systemu optymalizacyjnego "mazur" do jego dynamizmu roboczego.

$$C_{comp} = \frac{D_m}{D_r} = \frac{1}{q^2} - 1$$

Wysoki współczynnik skuteczności optymalizacji zapewnia wysoką kompetencję systemu.

$$\frac{I \times /1 - q^2/}{q \times R} \div \frac{q \times I}{R} = \frac{1}{q^2} - 1$$

Porównajmy teraz współczynniki adaptacji i kompetencji:

$$\frac{A}{C_{comp}} = /1 - q^2/ \div \frac{/1 - q^2/}{q^2} = q^2$$

Stąd

$$A = q^2 \times C_{comp}$$

Adaptacja systemu zależy więc od jego kompetencji i współczynnika skuteczności przetwarzania informacji.

#### Zastosowanie praktyczne podanych rozważań

Porównując dane zawarte w artykule Adama Lecha "Charakter drzew" /7/ odnośnie bilansu energetycznego człowieka i sosny otrzymamy paradoksalne na pozór wyniki współczynników skuteczności optymalizacji, a co za tym idzie – pozostałych.

	człowiek	sosna	Wynik na korzyść sosny
Moc całkowita S	8,8 J/h	10,1 J/h	+1,3
Suma mocy jałowej i roboczej R	8,0J/h	2,0	-6,0
Wsp. skuteczności q	1,1	5,05	+4,8x
Wsp. użyteczności u	0,1	4,05	+40,8
adaptacja	-0,21	-24,2	+120
Wsp. postępu d	0,1	0,75	+ 7,5 x



kompetencja      -0,18                      -0,96                      + 5,4 x

Porównanie skuteczności działania optymalizatora sosny z optymalizatorem człowieka wypada wręcz żałośnie dla "pana stworzenia". Ale przecież dane "empiryczne" stwierdza jednoznacznie, że to właśnie człowiek zwyciężył w walce o byt.

Jak to zrobił, będąc tak źle zaadaptowany i tak niekompetentny w swoim własnym środowisku?

Odpowiedź leży w rozważaniach o organizacji pracy systemów optymalizacyjnych: przecież ludzie, przekazując sobie wiedzę z pokolenia na pokolenie, działali jak system połączony szeregowo!

Ile pokoleń trzeba, aby wyprzedzili sosnę w skuteczności optymalizacji? Dla człowieka, który zastosował szeregowe łączenie systemów optymalizacyjnych, gdy rodzice zaczęli uczyć swoje dzieci:

$$q_{szar} = q^n$$

Dla sosny, która poprzestaje na przekazaniu informacji genetycznej:

$$Q_{równol.} = q_{const.}$$

Kiedy się zrównały współczynniki skuteczności optymalizacji tych dwu systemów?

$$1,1^n = 5,05$$

Gdzie n jest ilością połączonych systemów optymalizacyjnych /w wypadku człowieka - pokoleń/.

$$n = 18$$

A więc, licząc 30 lat na pokolenie - raptem 540 lat!

Z punktu widzenia ewolucji to znaczy - prawie natychmiast!

Skąd więc taka doskonale zaadaptowana, kompetentna i skutecznie optymalizująca istota bierze tę ilość wartościowych informacji? Sprawa polega na czułości receptorów – dla sosny nośnikiem informacji są każde dwa fotony, gdyż one już stanowią zasilanie.

Energia pochłaniana przy długości fali dla światła zielonego  $\lambda = 500 \text{ nm} = 5,10^{-7} \text{ m}$ .

stała Plancka  $h = 6,626 \times 10^{-34} \text{ J}$

$$E = h \cdot \nu, \\ \lambda \nu = V/\lambda, \quad \nu = V/\lambda$$

$V =$  prędkość światła  $= 3 \times 10^8 \text{ m/sek}$ .

$$E = \frac{h \times \nu}{\lambda} = \frac{6,626 \times 3}{5} \times 10^{-19} = 4 \times 10^{-19} \text{ J}$$

Dla dwóch fotonów będzie dwa razy więcej czyli  $8 \times 10^{-19}$ .

Przyjmijmy, że minimalnym zauważonym zasilaniem /a więc użyteczną informacją/, będzie ziarnko maku o średnicy  $d = 0,30 \text{ mm}$ , przy wartości całkowitej energii  $= 200 \times 10^5 \text{ J/kg}$ , jak dla ciepła spalania, i ciężarze właściwym  $r = 1,5 \text{ g/cm}^3 = 1500 \text{ kg/m}^3$ .

$$E = 1/6 \pi * d^3 * r * e =$$

$$\frac{1}{6} \times 3,14 \times 3 \times 1500 \times 2 \times 10^{-2} =$$

$$= 0,142 \text{ J}$$

Jak widać, poziom czułości receptorów sosny jest 10 do potęgi 18 razy wyższy, niż człowieka, na wejściu energetycznym.

Natomiast biorąc pod uwagę wyniki doświadczeń S. Hechta /American Scientifics r. 1944/8/, jako najmniejszą ilość energii, na którą reaguje ludzkie oko można określić na od 2,1 do  $5,7 \cdot 10^{-17}$  J, co odpowiada wielkościom od 54 do 148 kwantów, z których jednak do komórek pręcików w warstwie zawierającej rodopsynę, barwnik pochłaniający światło, dochodzą 2 lub 3 kwanty. Jest to więc ten sam rząd wielkości, co dla chlorofilu. Należy pamiętać, że rodopsyna nie zużywa padającego światła jako źródła energii, a wręcz przeciwnie, musi się uwolnić od tej energii, aby nie stracić swych właściwości /praca 9/.

Jeżeli informacja nie jest związana bezpośrednio z zasilaniem to powstaje sytuacja opisana w referacie prof. R. Tadeusiewicza /10/ o modelowaniu systemów autonomicznych za pomocą programów na maszyny cyfrowe - korelator może się - zablokować nadmiarem informacji i musi być zdekomponowany na dwie części, aby decyzje powstawały w oparciu o "syntetyczne" informacje.

To samo dzieje się w przypadku ludzkiego oka, które rejestruje do 2 milionów bitów na sekundę, z których do centralnych ośrodków sterowniczych dochodzi ok. 15 bit/sek. /por. praca 9/.

Tak rozbudowany korelator wymaga jednak większego zasilania w moc korelacyjną, /lub w ogólniejszym przypadku optymalizator w moc optymalizacyjną/.

Jak więc odbywa się zasilanie mocą poszczególnych podsystemów. Pokazuje to rys. 4.

Jest to sytuacja najogólniejsza z punktu widzenia zasady funkcjonalności systemów /tzw. piąta zasada Mazura, która mówi, że każdy podsystem spełnia tylko jedną funkcję i każda funkcja, jest wypełniana przez tylko jeden podsystem - między elementami zbioru funkcji, czyli działań określonego typu elementami zbioru podsystemów zachodzą relacje jedno-jednoznaczne/, gdyż wyraźnie rozdziela funkcje systemu między podsystemy.

Zwróćmy uwagę, że według tego założenia na pobranie informacji też potrzeba pewnej ilości mocy! /na przykładzie ludzkiego oka można uznać, że będzie to moc potrzebna na powrót rodopsyny do stanu wyjściowego. Podkreślał to już M. Mazur opisując komunikaty czynne i bierne/.

System "mazur" należy do klasy systemów "acting", w której abstrahuje się od technicznych możliwości wypełniania danej funkcji, bowiem z punktu widzenia technicznego konstruowanie systemów z takich elementów, z których każdy wypełnia tylko jedną funkcję jest po prostu rozrzutnością !

Wiele wynalazków polega przecież na łączeniu kilku funkcji przez jeden element /por. 11/.

Wobec tego, że działanie optymalizatora jest uzależnione od zasilania pewną ilością mocy, można stwierdzić, że istnieje pewna zależność pomiędzy wartością zasilania a wartością współczynnika optymalizacji:

- zmniejszenie zasilania może oznaczać, że zabraknie mocy na pokrycie potrzeb

związanych z którymś z poszczególnych rodzajów działań optymalizatora i wtedy współczynnik skuteczności spada.

- zwiększenie zasilania może oznaczać, że dodatkowa ilość mocy zostanie skierowana na rozwinięcie któregoś z rodzajów działań, wtedy współczynnik skuteczności wzrośnie.

Analogiczne rozumowanie zostało w sposób rozwinięty przedstawione w pracy J. Kosseckiego w odniesieniu do społeczeństwa w rozdziale "Koncentracja energii i informacji a organizacja społeczeństwa" gdzie wzrost stopnia zorganizowania społeczeństwa /czyli wzrost informacji zawartych w systemie zwanym społeczeństwem/ uzależniono od wzrostu mocy koordynacyjnej /praca 3/.

Wniosek: -

W przypadku, gdy współczynnik skuteczności - optymalizacji systemu sterowniczego jest zbyt niski, należy zwiększyć zasilanie podsystemu "Optymalizator".

Jeżeli zwiększenie zasilania tego podsystemu jest niemożliwe, jedynym wyjściem jest zmiana organizacji elementów tego podsystemu z pracy równoległej na pracę szeregową, co można uczynić, o ile są to również systemy typu "mazur", ale ze wszystkimi konsekwencjami takiego postępowania.

Podanie zależności matematycznych, opisujących efekty działań zmierzających do podwyższenia współczynnika skuteczności przekracza ramy niniejszej pracy.

Czerwiec 2003 roku. Maciej Węgrzyn

Literatura:

1. Marian Mazur, "Cybernetyczna teoria układów samodzielnych". Warszawa, 1966 r.
2. Marian Mazur, "Jakościowa teoria informacji". Warszawa, 1970 r.
3. Józef Kossecki, "Cybernetyka społeczna". Warszawa, 1981 r.
4. Jerzy Lechowski, "Analiza możliwości modelowania elektrycznego przepływu informacji w środowisku". Warszawa, 1979 r.
5. Zbigniew Jethon, Piotr Krasucki, Andrzej Rogóziński, "Normy fizjologiczno - higieniczne w medycynie przemysłowej". Warszawa, 1982 r.
6. Stanisław Lem, "Ananke" w "Opowieści o pilocie Pirxie", Kraków, 1979 r.
7. Adam Lech, "Charakter drzew". "Przegląd Techniczny" Nr 8/1985 r.
8. S. Hecht, "Energia i widzenie" - przedruk z American Scientifics nr 3/159, 1944 r. w książce W. Boltona, "Zarys Fizyki". Warszawa, 1982 r.
9. Władysław Traczyk, "Fizjologia człowieka". Warszawa, PZWL, 1980 r.
10. Ryszard Tadeusiewicz, "Badanie właściwości układów samodzielnych współdziałających ze stochastycznie zmiennym środowiskiem. "Postępy Cybernetyki", z. 4, 1979 r.
11. Henryk Altszuler, "Algorytm wynalazku". Warszawa, 1975 r.

Maciej Węgrzyn

zam. ul. Hutników 74

42-207 Częstochowa

Państwowa Inspekcja Pracy Częstochowa, ul. Warszawska 30