

Jolanta SŁONIEC
Politechnika Lubelska

WPLYW LICZBY CZYNNIKÓW NA CZĘSTOŚĆ WYSTĘPOWANIA EFEKTU SYNERGII W ORGANIZACJI PRODUKCJI GRUPY WYROBÓW

Streszczenie. Efekt synergii napotykamy w wielu dziedzinach. Występuje on również w dziedzinie organizacji produkcji grupy wyrobów i polega na wzmacnianiu efektu - w przeprowadzonych badaniach skróceniu cyklu produkcji grupy wyrobów - przy działaniu kilku czynników jednocześnie w porównaniu z sumą efektów, gdy każdy z czynników działa oddzielnie. W opracowaniu niniejszym przedstawiono wyniki badania częstości występowania efektów synergii w zależności od liczby działających czynników. Zjawisko synergii pojawia się częściej przy oddziaływaniu mniejszej liczby czynników, niż gdy liczba czynników jest większa.

THE INFLUENCE OF A NUMBER OF FACTORS ON SYNERGETIC EFFECT FREQUENCY IN ORGANIZING PRODUCTION OF A GROUP OF PRODUCTS

Summary. Synergetic effect occurs in many areas. It also occurs in the area of organizing production of a group of products, and consists in intensifying the effect - in the conducted research it is shortening production cycle of a group of products - when several factors act simultaneously, in comparison with the sum of effects when the factor acts separately. The present paper shows the results of examining synergetic effect frequency depending on a number of factors. The phenomenon of synergism occurs more frequently when a number of factors is lower and not when it is higher.

1. Synergetyka – nauka o współdziałaniu

Termin „synergia” pochodzi z języka greckiego i dosłownie oznacza: „pracując razem”, „współpracując” („syn” znaczy „z”, „razem z”, zaś „ergon” to „praca” lub „pracować”)¹.

Synergia jest to zjawisko polegające na takim współdziałaniu elementów, które daje skutek większy niż suma efektów wywołanych przez każdy z elementów oddzielnie. Jest to efekt badany dotychczas przede wszystkim w odniesieniu do działań ludzkich.

Wg J. Huberta [3] synergii na wielu płaszczyznach aktywności twórczej człowieka należy określić następująco: „Synergia na płaszczyźnie *vita activa* daje dobre samochody, wygodne i szybkie samoloty, zadziwiająca elektronikę. Synergia na płaszczyźnie *homo ludens*

¹ W języku polskim i innych językach spotykany jest również termin „synergetyka”, który ma znaczenie identyczne etymologicznie z terminem „synergia”. Terminy te występują jako synonimy.

daje radość zabawy, lekkość chwilowo uwolnionego od napięć ciała i psychiki. Synergia na płaszczyźnie duchowej daje poczucie sensu i głębi, daje przeżycie jedności duchowej z drugim człowiekiem, a może nawet, w pewnych przypadkach ze Wszechświatem, z Absolutem. Szczęście pełnego rozwoju człowieka to właśnie połączony efekt synergetyczny na wszystkich trzech płaszczyznach”.

Zgodnie z poglądami W. H. Audena [1] świat współczesny to przede wszystkim świat *vita activa*, ponieważ to właśnie w organizację tego świata człowiek współczesny wkłada najwięcej energii.

Organizacja złożonych procesów produkcyjnych, do których zaliczyć należy organizację produkcji grupy wyrobów, to również płaszczyzna *vita activa*. W dotychczasowej praktyce organizacji procesów uważano, że efekt synergii jest wynikiem dobrze zorganizowanego współdziałania wielu współpracujących podmiotów. Jednakże również oddziaływanie na jeden podmiot, jakim jest komórka produkcyjna, równocześnie wielu czynników organizacyjnych może spowodować wystąpienie efektu synergii. Efekt ten nazwano synergetycznym oddziaływaniem organizacji, który w odróżnieniu od ujęcia dotychczasowego dotyczy oddziaływania wielu impulsów na jedną komórkę organizacyjną.

2. Zjawisko synergii w organizacji produkcji grupy wyrobów

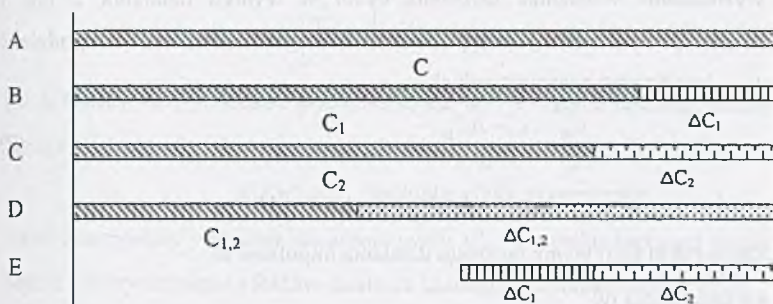
W celu wykazania istnienia efektu synergii w procesie produkcji zbioru wyrobów przeprowadzono badania symulacyjne z pomocą programu SHP (harmonogramowanie produkcji seryjnej). Badanie ograniczono do oceny wpływu trzech czynników, sprzyjających symultanicznemu (równoległemu) przebiegowi procesów wytwórczych. Badano długość okresów cykli produkcyjnych grupy wyrobów w rezultacie działania następujących czynników:

- podziału serii produkcyjnych na partie transportowe,
- wprowadzenia zmianowości w produkcji, szczególnie na stanowiskach limitujących.
- optymalizacji kolejności wykonania wyrobów w danej grupie.

Występowanie efektu synergii w organizacji produkcji grupy wyrobów można zilustrować jak na rys. 1.

Poniższy schemat ilustruje sposób poszukiwania zjawiska synergii w przeprowadzonych badaniach. Pojawienie się tego efektu dotyczy przypadków, gdy skrócenie cyklu produkcji grupy wyrobów na skutek równoczesnego działania kilku czynników (na schemacie dwóch


czynników 1 i 2) jest większe niż suma efektów wywołanych przez każdy z czynników oddzielnie ($\Delta C_{1,2} > \Delta C_1 + \Delta C_2$).






Rys. 1. Schemat ilustrujący występowanie zjawiska synergii dla dwóch czynników organizacyjnych

Fig.1. The scheme of synergetic effect for 2 factors

Na rysunku przyjęto oznaczenia:

-  cykl produkcji grupy wyrobów:

 - A - maksymalny szeregowy, bez działania czynników organizacyjnych [C],
 - B - pod wpływem działania czynnika 1 [C_1],
 - C - pod wpływem działania czynnika 2 [C_2],
 - D - pod wpływem łącznego działania czynników 1 i 2 [$C_{1,2}$],

-  skrócenie cyklu; cykl produkcji grupy wyrobów pod wpływem działania czynnika 1 [ΔC_1],
-  skrócenie cyklu; cykl produkcji grupy wyrobów pod wpływem działania czynnika 2 [ΔC_2],
-  skrócenie cyklu; cykl produkcji grupy wyrobów pod wpływem łącznego działania czynników 1 i 2 [$\Delta C_{1,2}$],
- E - suma skróceń cyklu; cykl produkcji grupy wyrobów pod wpływem oddzielnego działania czynników 1 i 2.

W celu oceny efektu organizacyjnego w procesie produkcji zbioru wyrobów należało podać zależności między wartościami funkcji celu – okresu cyklu produkcyjnego – dla produkcji grupy wyrobów bez przedsięwzięć organizacyjnych, a następnie wówczas, gdy działają 1, 2 i 3 czynniki organizacyjne łącznie i porównać z sumą działania oddzielnych pojedynczych czynników.

Jeżeli oznaczymy przez:

- C - okres cyklu produkcyjnego realizacji zadań bez specjalnych przedsięwzięć organizacyjnych,
- C_i - okres cyklu w wyniku zadziałania czynnika i ,
- ΔC_i - skrócenie cyklu jako wynik działania czynnika i ,
- k - liczbę czynników oddziałujących na układ,

to wtedy wpływ dowolnego czynnika ocenimy wskaźnikiem skrócenia cyklu:

$$w_i = \frac{C_i}{C} = \frac{C - \Delta C_i}{C} \quad (1)$$

W celu wyznaczenia wskaźnika skrócenia cyklu w wyniku działania 2 lub 3 czynników łącznie należy ów skrócony w wyniku działań organizatorskich cykl podzielić przez cykl bazowy, tj. bez działań organizatorskich.

$$w_i = \frac{C_{ki}}{C} = \frac{C - \Delta C_{ki}}{C} \quad (2)$$

gdzie: C_{ki} - okres cyklu w wyniku łącznego zadziałania impulsów ki ,

ΔC_{ki} - skrócenie cyklu jako wynik łącznego działania impulsów ki ,

inne oznaczenia jw.

W celu ustalenia efektu synergii należy obliczyć sumę oddzielnego działania k czynników. Suma ta wyniesie:

$$\sum_1^k \Delta C_i = kC - \sum_1^k C_i \quad (3)$$

a łączny wskaźnik sumy efektów:

$$w_k = \frac{C - \sum_1^k \Delta C_i}{C} = \frac{C - [kC - \sum_1^k C_i]}{C} = \frac{(1-k)C}{C} + \frac{C_1 + C_2 + \dots + C_k}{C} = \left[\sum_1^k w_i \right] - (k-1) \quad (4)$$

Oczywiście, aby analizować problem w granicach realnych, konieczne jest ograniczenie:

$$\sum_1^k w_i > k-1 \quad (5)$$

ponieważ łączny wskaźnik sumy efektów działania pojedynczych czynników nie może być mniejszy od zera. Wyjaśnieniem tego stwierdzenia może być taki prosty przykład: gdyby skrócenie okresu cyklu w wyniku działania pewnych dwóch czynników wynosiło przy każdym czynniku 0,5, to skrócenie okresu cyklu będące sumą tych wskaźników było równe 1,0, co oznaczałoby, że okres cyklu wynosiłby zero, co jest to oczywistym absurdem.

Zjawisko synergii w procesie produkcji grupy wyrobów obserwowane będzie wówczas, gdy skrócenie cyklu na skutek jednoczesnego działania kilku czynników da większy efekt, tzn. będzie większe od sumy działań pojedynczych czynników.

Jeżeli stwierdzimy, że rzeczywisty wskaźnik skrócenia cyklu w_k^r , w wyniku łącznego działania k czynników, będzie mniejszy od wskaźnika sumy efektów działania każdego z czynników oddzielnie:

$$w_k^r < w_k = \left[\sum_{i=1}^k w_i \right] - (k-1), \text{ to zachodzi efekt synergii;} \quad (6)$$

jeżeli rzeczywisty wskaźnik skrócenia cyklu w_k^r , w wyniku łącznego działania k czynników będzie większy od wskaźnika sumy efektów działania każdego z czynników oddzielnie:

$$\text{dla } w_k^r > w_k, \text{ zachodzi efekt dyssynergii;} \quad (7)$$

jeżeli rzeczywisty wskaźnik skrócenia cyklu w_k^r , w wyniku łącznego działania k czynników będzie równy od sumie efektów działania każdego z czynników oddzielnie:

$$\text{a gdy } w_k^r = w_k, \text{ zachodzi efekt asynergii.} \quad (8)$$

3. Przedstawienie wyników badań i ich interpretacja

Aby wykazać istnienie zależności między liczbą działających czynników a częstością występowania zjawiska synergii, najpierw zostały przeprowadzone badania symulacyjne przy użyciu programu SHP (harmonogramowanie produkcji seryjnej) na zbiorze 60 zestawów danych. Badano wpływ na długość cyklu produkcyjnego następujących czynników organizacyjnych:

- optymalizacji wykonania wyrobów danej grupy,
- podziału programu produkcyjnego na partie transportowe,
- wprowadzenia zmienności na stanowiskach limitujących.

W rezultacie badań otrzymano długości cykli produkcyjnych poszczególnych grup wyrobów, a następnie wyznaczono wskaźniki skrócenia cykli, zgodnie z metodyką opisaną w poprzednim rozdziale. Posłużyły one do określenia występowania efektu synergii dla poszczególnych grup wyrobów. Zbiorcze wyniki częstości występowania efektu synergii w przeprowadzonych badaniach zamieszczone są w tablicy 1.

Ogółem efekt synergii wystąpił w 25% badanych przypadków. Efekt działań organizacyjnych na powstanie zjawiska synergii był bardzo zróżnicowany i wynosił od 12% przy współdziałaniu niektórych 3 czynników (poz. 11 i 12) do 75% jako efekt optymalizacji kolejności i podziału na 4 partie transportowe (poz. 2).

Tablica 1

Zestawienie wyników badania częstości występowania efektu synergii
w procesie produkcji zbioru wyrobów, szt.

nr	Określenie czynników, przy działaniu których badany jest efekt	Zachodzący efekt		Razem
		synergia	brak synergii	
Liczba czynników 2				
1.	Kolejność, 2 partie transportowe	27	33	60
2.	Kolejność, 4 partie transportowe	45	15	60
3.	Kolejność, 10 partii transportowych	26	34	60
4.	Kolejność, partia transportowa równa 2	24	36	60
5.	Kolejność, partia transportowa równa 1	25	35	60
Razem dla optymalnej kolejności i podziału na partie transportowe		147	153	300
6.	Kolejność, zmienowość 2	10	50	60
7.	Kolejność, zmienowość 3	10	50	60
Razem dla optymalnej kolejności i zmienowości		20	100	120
Łącznie dla 2 czynników		167	253	420
Liczba czynników 3				
8.	Kolejność, zmienowość 2, 2 partie transportowe	8	52	60
9.	Kolejność, zmienowość 2, 4 partie transportowe	9	51	60
10.	Kolejność, zmienowość 2, 10 partii transportowych	8	52	60
11.	Kolejność, zmienowość 2, partia transportowa równa 2	7	53	60
12.	Kolejność, zmienowość 2, partia transportowa równa 1	7	53	60
Razem dla optymalnej kolejności, dwuzmienowości na stanowiskach limitujących, podziału na partie transportowe		39	261	300
13.	Kolejność, zmienowość 3, 2 partie transportowe	9	51	60
14.	Kolejność, zmienowość 3, 4 partie transportowe	10	50	60
15.	Kolejność, zmienowość 3, 10 partii transportowych	10	50	60
16.	Kolejność, zmienowość 3, partia transportowa równa 2	8	52	60
17.	Kolejność, zmienowość 3, partia transportowa równa 1	8	52	60
Razem dla optymalnej kolejności, trzymmienowości na stanowiskach limitujących, podziału na partie transportowe		45	255	300
Łącznie dla 3 czynników		84	516	600
OGÓLEM		251	769	1020

W celu analizy związku cech niemierzalnych, jakimi w przypadku przeprowadzonych badań są występowanie, bądź niewystępowanie efektu synergii w zależności od liczby działających czynników, dokonano obliczeń następujących współczynników:

- 1) współczynnika zbieżności Yule'a Q^2 ,
- 2) współczynnika zbieżności Pearsona V ,
- 3) współczynnika zbieżności Bykowskiego W .

² S. Szulc *Metody statystyczne*, Państwowe Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 1963, s. 533-538.

Jeżeli sporządzimy czteropolową tablicę, podającą kombinację liczebności z punktu widzenia dwóch cech A i B , z których każda może albo występować (+), albo nie występować (-) u jednostki, oznaczamy liczebność jednostek w poszczególnych polach kolejno liczbami a , b , c , d , jak niżej

		Cecha A	
		+	-
Cecha B	+	a	b
	-	c	d

to sposób obliczania współczynników jest następujący:

$$Q = \frac{ad - bc}{ad + bc},$$

$$V = \frac{ad - bc}{\sqrt{(a+b) \cdot (a+c) \cdot (b+d) \cdot (c+d)}},$$

$$W = \frac{(a+d) - (b+c)}{a+b+c+d}.$$

Współczynniki Q , V i W przyjmują wartości od -1 do $+1$, i im bliższa jedności jest wartość bezwzględna współczynnika, tym związek między badanymi cechami jest ściślejszy. Bliska zeru wartość współczynników oznacza brak związku badanych cech.

Analizując wpływ liczby działających czynników na efekt synergii zestawiono uzyskane wyniki w tabl. 2.

Tablica 2

Zestawienie danych do wyznaczenia współczynników zbieżności między synergia a liczbą działających czynników

Liczba działających czynników	Liczba zaobserwowanych przypadków	
	synergii	braku synergii
2	167	253
3	84	516

Współczynniki oceny zbieżności:

$$Q = 0,604$$

$$V = 0,294$$

$$W = 0,339.$$

Wartości otrzymanych współczynników zbieżności, szczególnie współczynnika Yule'a $Q = 0,604$, wskazuje na dużą zależność częstości wystąpienia efektu synergii od liczby działających czynników organizacyjnych. Częstość wystąpienia efektu synergii dla dwóch czynników organizacyjnych ogółem wynosi 66%, a dla trzech czynników organizacyjnych – 16%.

Wyznaczone wartości współczynników oceny zbieżności między częstością występowania efektu synergii a liczbą działających czynników, jak również procentowo wyrażona częstość tego zjawiska dla dwóch i trzech działających czynników wskazują na zależność częstości występowania tego zjawiska od liczby działających czynników:

im mniejsza jest liczba działających czynników (w przedstawionych wynikach badań 2 czynniki), tym częściej pojawiać się będzie efekt synergii.

4. Zakończenie

Problem przedstawiony w niniejszym opracowaniu, zgodnie z obecnym stanem wiedzy, nie został jeszcze dotychczas zbadany. Zamieszczone wyniki zawierają badanie wpływu na okres cyklu produkcji grupy wyrobów trzech czynników organizacyjnych: optymalizacji wykonania wyrobów danej grupy, podziału programu produkcyjnego na partie transportowe, wprowadzenia zmienności na stanowiskach limitujących. Z czynników tych zestawiono dwie pary czynników:

- optymalizacja kolejności wykonania wyrobów danej grupy i podział programu produkcyjnego na partie transportowe,
- optymalizacja kolejności wykonania wyrobów danej grupy i wprowadzenie zmienności na stanowiskach limitujących,

oraz jedną trójkę czynników:

- optymalizacja kolejności wykonania wyrobów danej grupy, podział programu produkcyjnego na partie transportowe i wprowadzenie zmienności na stanowiskach limitujących.

Nie badano wpływu trzeciej pary czynników: podziału programu produkcyjnego na partie transportowe i wprowadzenia zmienności na stanowiskach limitujących. Uzupełnienie wyników o takie badania zawierałyby całość badań dla trzech czynników organizacyjnych. Jednakże już poszerzenie liczby czynników o jeden następny, np. o badanie wpływu podziału

programu produkcyjnego na serie produkcyjne, znacznie powiększa zakres badań. Badania wpływu czterech czynników zawierałyby:

- ❖ 6 przypadków oddziaływania dwóch czynników jednocześnie,
- ❖ 4 przypadki oddziaływania trzech czynników jednocześnie,
- ❖ 1 przypadek oddziaływania czterech czynników jednocześnie.

Poszerzenie zakresu badań jest więc jednym z możliwych kierunków dalszych badań. Innym mogłaby być próba jakościowego ujęcia synergetycznego oddziaływania przedsięwzięć organizacyjnych w procesie harmonogramowania i ustalenia warunków występowania zjawiska synergii.

LITERATURA

1. Auden W. H.: Nie zapomnij śmiać się i modlić, Znak 236, 1974.
2. Grelak K.: Optymalizacja harmonogramów realizacji procesów produkcyjnych. Prace Naukowe Politechniki Lubelskiej, Nr 221, Wydawnictwa Uczelniane, Lublin 1990.
3. Hubert J. Z.: Synergetyka i społeczeństwo, Nauka dla wszystkich, Nr 486, Polska Akademia Nauk, Oddział w Krakowie, Kraków 1997.
4. Piekarczyk H.: Efekt organizacyjny jako kryterium oceny systemu wytwórczego, Zeszyty Naukowe Akademii Ekonomicznej w Krakowie, Seria specjalna: Monografie, Nr 102, Kraków 1991.
5. Suszyński C.: Synergia w działalności rynkowej przedsiębiorstw, Monografie i Opracowania, Nr 355, Szkoła Główna Handlowa, Warszawa 1992.
6. Szulc S.: Metody statystyczne, Państwowe Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 1963.

Recenzent: Prof. dr hab.inż. T.Sawik

Abstract

Synergetic effect occurs in many areas. It also occurs in the area of organizing production of a group of products, and consists in intensifying the effect – in the conducted research it is shortening production cycle of a group of products – when several factors act simultaneously, in comparison with the sum of effects when the factor acts separately.

In optimizing schedules synergetic effect is seen which consists in intensifying the effect when several factors act simultaneously, compared with the sum of effects when each factor acts separately. Not long ago it was thought that synergetic effect occurs as the result of interaction of many factors. However, interaction between one subject, namely a production section, and many factors simultaneously, can make synergetic effect occur. This effect is called synergetic production interaction. In order to demonstrate synergetic effect in manufacturing process of a group of products, simulation research was conducted by means of SHP program (scheduling series production). The research was narrowed to assessing the

influence of 3 factors promoting parallel run of manufacturing processes. Production cycle periods were examined resulting from interaction of the following factors:

- the division of production programmes into transport parts,
- introducing shift work for limiting posts, and
- optimizing the order of manufacturing ready products in a given group.

On the basis of research conducted for 60 group of products, cycle shortening coefficients were determined first, and then convergence rates between synergetic effect frequency and the number of interacting factors. The results obtained show that there exists a relationship between synergetic effect frequency: the lower a number of interacting factors, the more frequently synergetic effect occurs.