

STANISŁAW STOCKI

65.012.122 : 528

O możliwościach zastosowania metody PERT w geodezji

1. Wstęp

Niniejsze opracowanie jest próbą ujęcia organizacji prac geodezyjnych w oparciu o metodę PERT. Pełna nazwa tej metody brzmi „Program Evaluation and Review Technique” — Technika Oceny i Kontroli Programu”. Została ona opracowana po raz pierwszy w roku 1958 w jednym z koncernów amerykańskich dla organizacji prac związanych z budową rakiety Polaris. W latach późniejszych zastosowano ją w gospodarce narodowej dla organizowania przedsięwzięć z dużą ilością kooperantów i o skomplikowanych związkach pomiędzy czynnościami.

Główną cechą metody jest związanie elementów działania w zakresie przedsięwzięcia w jednolity układ za pomocą sposobów graficznych i rachunkowych. Wykorzystanie metod rachunkowych oraz elektronicznej techniki obliczeniowej do działalności organizacyjnej powoduje w znacznym stopniu usprawnienie przebiegu procesów, uzyskanie dodatkowych efektów ekonomicznych przez obniżenie kosztów własnych, ułatwia podejmowanie decyzji w oparciu o rozsądne i dostatecznie przybliżone założenia, planowanie transportu, dostawy materiałów, oraz ułatwia kontrolę przebiegu realizacji przedsięwzięć.

Z dotychczasowej praktyki w pracach geodezyjnych wiadomo, że organizowanie działalności pracowni, oraz ustalanie terminów oparte było na doświadczeniu oraz intuicji kierownika pracowni. Wynikiem tego stanu były znaczne rozbieżności w ocenie terminów prac, przeciąganie robót poza ustalony termin umowy, zwiększanie kosztów towarzyszących robocie itp.

Sprawna organizacja prac geodezyjnych wymaga powiązania elementów działania w sposób logiczny w oparciu o ustaloną technologię, oraz strukturę pracowni w jednolity układ, który w metodzie PERT nazywa się siatka zależności czynności. Elementami siatki są czyn-

ności i zdarzenia. Przez czynność rozumie się wycinek prac związanych z realizacją danego przedsięwzięcia, rozgraniczony czasowo i technologicznie od pozostałych prac, a przez zdarzenie rozumie się początek lub koniec procesu.

Każdej czynności przyporządkowane są czasy trwania. Dla procesów o ustalonych przebiegach technologicznych będą to wielkości znane na podstawie doświadczenia, prób i statystyki, natomiast dla nowych technologii i nowych rodzajów produkcji są to wielkości losowe. W związku z powyższym metoda PERT reprezentuje dwa kierunki: w pierwszym przypadku kierunek deterministyczny, a w drugim probabilistyczny. Niżej opracowanie dotyczy kierunku deterministycznego, a metoda PERT, o której tu mowa nosi nazwę *Critical Path Method* — Metoda ścieżki krytycznej.

Na uwagę zasługuje jeszcze metoda zwana *PERT Cost System*, która w oparciu o siatkę zależności analizuje koszty własne całego procesu, a w wyniku analizy można wyeliminować nieuzasadnione nakłady przez wybór optymalnego układu czynności dla funkcji kryterium „suma kosztów własnych jest minimum”.

2. Ogólne zasady metody

Podstawą kompleksowej organizacji prac wg metody PERT jest układ czynności, który jest graficznym obrazem przebiegu czynności związanych logicznie w oparciu o ustaloną technologię przedsięwzięcia. Układ ten jak wspomniano wyżej nazywa się siatką zależności czynności. Na podstawie układu czynności oblicza się terminy rozpoczęcia i zakończenia czynności, wyznacza się *czynności krytyczne*, tj. takie czynności, dla których przekroczenie czasu powoduje niewykonanie w założonym terminie całego przedsięwzięcia. Czynności krytyczne przebiegają wzdłuż tzw. *ścieżki krytycznej*.

Terminy rozpoczęcia i zakończenia oblicza się dwukrotnie, raz od czynności początkowej i drugi raz od końcowej. W ten sposób otrzymuje się dwie wartości czasów rozpoczęcia i zakończenia czynności tzw. najwcześniejsze i najpóźniejsze. Dla czynności krytycznych obie te wartości są sobie równe. Różnica tych wartości stanowi całkowity zapas czasu dla danej czynności. Ten zapas czasu jest sumą dwóch jeszcze innych zapasów czasu, a mianowicie zapasu czasu do swobodnej dyspozycji i zapasu czasu warunkowo do dyspozycji. Wszelkie przesunięcia początku czynności lub wydłużenia ich czasu trwania w granicach nie przekraczających wartości całkowitego zapasu czasu nie powodują zakłócenia ostatecznego terminu całego przedsięwzięcia.

Po wykonaniu obliczeń dokonuje się analizy układu czynności dla uzyskania optymalnych efektów ekonomicznych i dostosowania do wymaganego czasu całego przedsięwzięcia.

3. Opracowanie szczegółowe

Stosowaną w metodzie PERT siatkę zależności przedstawić można jak na rysunku 1. Kółka oznaczają zdarzenia, strzałki czynności. Każdemu zdarzeniu przyporządkowujemy osobny numer. Czynności oznaczamy literami lub opisujemy słownie. Pod strzałką wpisujemy czas trwania czynności. Liniją podwójną oznaczona jest ścieżka krytyczna, a liniją przerywaną czynność pozorna, tzn. taka czynność, która nie wymaga żadnego czasu ani środków na jej wykonanie, a wprowadza się ją dla zaznaczenia ograniczeń czasowych pomiędzy czynnościami.

Przed wykreśleniem siatki należy sporządzić wykaz wszystkich czynności procesu, wydzielając czynności polowe i kameralne, oraz wykonywane przez różnych pracowników i jednostki organizacyjne.

Siatkę zależności czynności kreślimy na podstawie ustalonej technologii i związków logicznych pomiędzy czynnościami.

Dla punktu wyjścia oznaczonego na rysunku 1 cyfrą 0 przyjmujemy dowolny czas T_0 . Może nim być początek roku lub inny dowolny dzień.

W załączonym do niniejszego opracowania przykładzie przyjęto $T_0 = 50$ dni od początku roku. Na ten określony dzień dokonujemy przekroju przez poprzedni układ czynności aktualnie wykonywanych prac. Będziemy przez to rozumieć obliczenie ilości dni zatrudnienia pracowników (zespołów) od czasu $T_0 = T_{\text{przekr.}}$ do zakończenia czynności w tym układzie. Można przyporządkować czynnościom pojedynczym lub zbiorowym cyfry różne od numerów czynności układu dla określenia wykonawców tzw. kod wykonawców. Np. na rysunku 1 liczba 100 oznacza zespół wykonujący pomiar sytuacyjno-wysokościowy, liczba 101 oznacza pracowników kameralnych do kartowania sytuacji i tachimetrii. Następnie w danych początkowych dopisujemy dla zespołów wyżej wymienionych czynność pozorną o oznaczeniach np. ZP = 4 dla zdarzenia poprzedzającego i ZN = 100 dla zdarzenia następującego i czasie trwania $t = 0$. Różnica pomiędzy najwcześniejszym końcem czynności (4—100) i czasem przekroju $NWK_{4-100} - T_{\text{przekr.}}$ określi nam ilość dni zatrudnienia pracowników o kodzie 100 od czasu $T_{\text{przekr.}}$ do zakończenia przez nich czynności w danym układzie. W zamieszczonym przykładzie czynności wykonywane na wcześniejszym obiekcie, obliczone z przekroju, są oznaczone na rysunku 1 liczbami (0—1), (0—5), (0—9), (0—12), (0—15) z odpowiednim czasem 0,35, 42, 50 i 90. Każdy z tych czasów czynności jednego układu uzależ-

nia rozpoczęcie czynności układu drugiego, np. pomiar sytuacyjny może być rozpoczęty w dniu 50-tym, kartowanie w dniu 85-tym, rozgraniczenie w dniu 92-gim itd. Wartości te otrzymujemy dodając do czasu wyjściowego T_0 odpowiedni czas czynności z przekroju t_{0-1} , t_{0-5} , t_{0-9} , t_{0-12} itd. W tym ujęciu metoda PERT posiada układ czynności ze zdefiniowanym wejściem do układu i wyjściem z niego. Ponadto, jak zobaczymy w przykładzie, ujawnione poza ścieżką krytyczną przestoje pracowników można wykorzystać jako dodatkowe elementy wiążące wzajemnie układy.

Powyższy sposób jest modyfikacją metody PERT przystosowaną do organizacji prac geodezyjnych.

Pozostaje jeszcze zdefiniowanie czasu trwania czynności.

Czas trwania czynności w robotach geodezyjnych w zastosowaniu do metody PERT można określić w dwojaki sposób:

- 1 — na podstawie kosztu czynności w kosztorysie i przeciętnej wydajności wykonawców,
- 2 — na podstawie katalogów norm czasu z uwzględnieniem tzw. współczynnika napięcia norm (procent wykonania normy).

Jedną lub drugą wartość czasu metoda PERT traktuje jako czas o maksymalnym prawdopodobieństwie. Ponadto wprowadza pojęcie czasów optymistycznych, pesymistycznych i wartości oczekiwanej, czyli tzw. spodziewanego czasu wykonania czynności.

W tym ujęciu czas trwania czynności jest zmienną losową o niestalonym narazie rozkładzie prawdopodobieństwa. Można więc założyć za metodą PERT rozkład beta, dla którego spodziewany czas czynności obliczamy wg wzoru:

$$t_e = \frac{1}{6} \cdot (a + 4m + b),$$

gdzie a — jest czasem optymistycznym (najkrótszym),

b — jest czasem pesymistycznym (najdłuższym),

m — jest czasem najbardziej prawdopodobnym.

Wartości a i b ustalamy w zależności od warunków sprzyjających i niesprzyjających wykonaniu danej czynności. W przypadku symetrii wielkości a i b w stosunku do m otrzymamy, że wartość $t_e = m$.

W praktyce należy analizować słuszność stosowania rozkładu beta do prac geodezyjnych dla określenia prawdopodobieństwa wykonania zadań w założonych terminach umownych.

4. Algorytm metody PERT

Dane wejściowe do liczbowego opracowania programu realizacji przedsięwzięcia metodą PERT otrzymuje się z siatki zależności. Są nimi

numery zdarzeń poprzedzających ZP i następujących ZN, określających kolejne czynności prac oraz odpowiadające im czasy trwania. W wyniku obliczeń otrzymujemy dla początku czynności:

- a) najwcześniejszy początek oznaczony symbolem NWP,
 b) najpóźniejszy początek oznaczony symbolem NPP,

dla końca czynności:

- a) najwcześniejszy koniec oznaczony symbolem NWK,
 b) najpóźniejszy koniec oznaczony symbolem NPK.
 a) Obliczenie NWP

W punkcie O na rysunku 1 czynności wejściowe, określające zatrudnienie wykonawców na obiekcie poprzedzającym, są oznaczone: (0—1), (0—5), (0—9), (0—12), (0—15).

Najwcześniejsze początki tych czynności są sobie równe:

$$NWP_{0-1} = NWP_{0-5} = NWP_{0-12} = NWP_{0-15} = T_0.$$

Czynność (1—2) poprzedzona jest jedną czynnością (0—1), czyli początek czynności (1—2) jest zależny tylko od zakończenia jednej czynności (0—1). W tym przypadku

$$NWP_{1-2} = NWP_{0-1} + t_{0-1}.$$

Czynności (5—6) poprzedzają dwie czynności (0—5) i (2—5), czyli początek czynności (5—6) zależy od zakończenia obu czynności (0—5) i (2—5), a liczbowo wyraża się przez większą z dwóch wartości:

$$NWP_{5-6} = \max \left\{ \begin{array}{l} NWP_{0-5} + t_{0-5} \\ NWP_{2-5} + t_{2-5} \end{array} \right\}.$$

W przypadku np. czynności (12—13) otrzymamy

$$NWP_{12-13} = \max \left\{ \begin{array}{l} NWP_{0-12} + t_{0-12} \\ NWP_{6-12} + t_{6-12} \\ NWP_{11-12} + t_{11-12} \end{array} \right\}.$$

b) Obliczenie NWK

Dla wszystkich czynności najwcześniejszy koniec czynności otrzymamy dodając do najwcześniejszego początku czynności czas jej trwania, czyli

$$NWK_{i-j} = NWP_{i-j} + t_{i-j}.$$

c) Obliczenie NPP i NPK

Po obliczeniu NWP i NWK dla wszystkich czynności wykonujemy obliczenie najpóźniejszych czasów w kierunku wstecznym, tj. od czynności końcowej przyjmując (patrz rys. 1)

$$NWP_{16-19} = NPP_{16-19} \quad \text{i} \quad NWK_{16-19} = NPK_{16-19}.$$

Czynność (15—16) poprzedza jedną czynność (16—19) wobec tego

$$\text{NPK}_{15-16} = \text{NPP}_{16-19}$$

oraz

$$\text{NPP}_{15-16} = \text{NPK}_{15-16} - t_{15-16}.$$

W przypadku czynności np. (13—14), którą poprzedzają dwie czynności (14—17) i (14—15) obliczamy

$$\text{NPK}_{13-14} = \min. \left\{ \begin{array}{l} \text{NPP}_{14-17} \\ \text{NPP}_{14-15} \end{array} \right\},$$

czyli najmniejsza wartość wyrażająca najpóźniejszy początek czynności następujących określa najpóźniejszy koniec czynności poprzedzającej.

Dla wszystkich czynności obliczamy wg wzoru

$$\text{NPP}_{i-j} = \text{NPK}_{i-j} - t_{i-j}.$$

Po wykonaniu powyższych obliczeń przystępujemy do dalszych obliczeń wartości mających zasadnicze znaczenie dla analizy zaprojektowanego układu czynności. Są nimi *z a p a s y c z a s u*:

- a) całkowity zapas czasu, oznaczony symbolem ZC,
- b) zapas czasu do swobodnej dyspozycji, symbol ZD,
- c) zapas czasu warunkowo do dyspozycji, symbol ZW.

Całkowity zapas czasu ZC jest to różnica pomiędzy najpóźniejszym końcem czynności i najwcześniejszym końcem tej samej czynności, czyli jest to wielkość o jaką można przesunąć lub rozciągnąć w czasie czynności bez ujemnych skutków dla końcowego terminu przedsięwzięcia.

Zapas czasu do swobodnej dyspozycji ZD jest to różnica czasu pomiędzy najwcześniejszym początkiem następnej czynności a najwcześniejszym końcem poprzedniej czynności. Jeśli czynność poprzednią i następną wykonuje ten sam wykonawca, to ZD określa jego przestój, jeśli różni wykonawcy, to ZD określa zaleganie pracy (luz). W obliczeniach ZD wystąpi na czynnościach pozornych jako luz, a na czynnościach rzeczywistych jako przestój.

Zapas czasu warunkowo do dyspozycji ZW jest to różnica czasu pomiędzy najpóźniejszym końcem czynności poprzedniej a najwcześniejszym początkiem czynności następnej. Zapas czasu ZW nie jest ani przestojem ani zaleganiem pracy, umożliwia nam tylko przesunięcie lub wydłużenie czasu pracy o wielkość ZW bez wpływu na końcowy termin wykonania całego zadania.

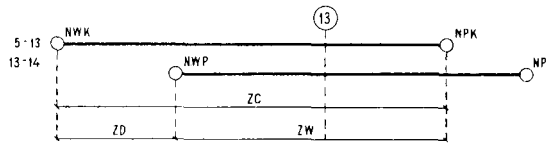
Całkowity zapas czasu jest sumą zapasów czasu dwu pozostałych

$$\text{ZC} = \text{ZD} + \text{ZW}.$$

Na drodze krytycznej zapasy czasu są równe zero.

Zmiana ilości wykonawców poszczególnych czynności, zmiany logiczne w siatce zależności, lub zmiany wydajności pociągają za sobą zmiany wielkości zapasów czasu. Na tej drodze powinna przebiegać analiza układu czynności w pierwszej kolejności. Następnie można analizować końcowy termin wykonania roboty i możliwość jego skrócenia.

Układ czynności również stanowi podstawę do analizy kosztów własnych. Należy wówczas obliczyć czas wykonania całego zadania, dla którego suma kosztów własnych dla wszystkich czynności jest najmniejszą. Ta analiza jako odrębna metoda zwana PERT Cost System, nie jest przedmiotem niniejszego opracowania.



Schemat zapasów czasu

5. Zakończenie

W wyniku stosowania metody ścieżki krytycznej można będzie uzyskać:

1. Zmniejszenie ilości przestojów pracowników przez wybór optymalnego układu czynności.
2. Realne ustalanie terminów wykonania zadań.
3. Kierowanie uwagi na czynności warunkujące terminowe zakończenie pracy, możliwość wczesnej i planowej interwencji w przypadkach zagrożenia terminów, oraz łatwość kontroli przebiegu wykonania czynności.
4. Integrację działania w zakresie wykonania zadań nie tylko na pojedynczym obiekcie, ale na wielu obiektach, które są w planie, np. rocznym.
5. Koordynację współdziałania w zakresie realizacji przedsięwzięcia.
6. Obniżenie kosztów własnych przez minimalne zaangażowanie nakładów na koszty towarzyszące.

Warunkiem koniecznym aby program działania uzyskany w wyniku obliczeń metodą PERT był realny jest dokładne przygotowanie danych wejściowych tj. czasów trwania czynności i założeń logicznych w siatce zależności.

Wszelkie późniejsze zmiany w czasie realizacji programu w danych początkowych, szczególnie na trasie krytycznej powodują konieczność ponownego przeliczenia układu.

Ponieważ należy się spodziewać, że takie zmiany będą miały miejsce, to najwygodniej i najszybciej jest wykonać obliczenia na elektronicznej

maszynie cyfrowej. W związku z tym, gdy się okaże, że metoda ta zostanie przyjęta do praktycznego stosowania w przedsiębiorstwach geodezyjnych to Instytut Geodezji i Kartografii w Warszawie opracuje program obliczenia układu czynności na elektroniczną maszynę cyfrową.

Przykład

Przykładem objęte zostały roboty geodezyjne wykonywane przez pracowników pomiarów szczegółowych dla celów ewidencji gruntów. Na obiekcie o powierzchni 263 ha należy wykonać pomiar sytuacyjno-wysokościowy i opracowanie zasadniczej mapy miasta. Całość prac obejmuje 3 etapy:

- I etap — 1. Opracowanie dokumentacji techniczno-kosztorysowej,
2. Wywiad w terenie i porównanie stanu na gruncie z mapą oraz naniesienie zmian.
- II etap — Badania hipoteczne.
- III etap — 1. Pomiar sytuacji (aktualizacja i nowy pomiar) oraz pomiar wysokościowy,
2. Rozgraniczanie,
3. Obliczenie osnowy i kartowanie sytuacji,
4. Obliczenie rzędnych i nanoszenie pikiet,
5. Kartowanie rozgraniczenia,
6. Kreślenie pierworysu,
7. Sporządzenie matrycy,
8. Kompletowanie operatu.

W przykładzie pokazano tylko etap III.

Czas trwania czynności obliczony został w oparciu o kosztorys, przy założeniu miesięcznego przerobu pracowników polowych w wysokości 35 tys. zł i pracowników kameralnych w wysokości 10 tys. zł. W obliczeniu czasu przyjęto $m = t_e$, czyli założono symetrię wartości a i b w odniesieniu do czasu m .

Czas wyjściowy $T_0 = 29.04.66$ r.

Przekrój przez układ poprzedzający daje wartości czasów zaangażowania wykonawców na obiekcie wcześniejszym.

ZP	ZN	Czas
100	1	0
101	6	35
102	9	42
103	15	50
104	20	90

Liczby od 100 do 104 przyjęto w przekroju jako kod wykonawców mają swój odpowiednik w siatce zależności jako zdarzenie poprzedzające, oznaczone cyfrą zero.

Danymi wejściowymi do obliczeń są liczby z pierwszych 3-ch kolumn a mianowicie:

ZP — zdarzenie poprzedzające,

ZN — zdarzenie następujące,

czas trwania czynności.

Obliczenie wykonano wg algorytmu podanego w cz. 4-tej. Terminy zdarzeń przeliczone zostały w tablicy 2 na kalendarz terminów. Z obliczeń wynika termin końcowy prac wykonanych w pracowni tj. do momentu przekazania operatu do kontroli końcowej. Termin ten przypada na dzień 29. 09. 66 r.

Przestoje pracowników, czyli wartości ZD' na czynnościach rzeczywistych wynoszą

ZP	ZN	Przestój ZD'	Określenie wykonawców (kod)
0	5	4	101
0	12	51	103
9	10	27	102
0	15	29	104

Zaleganie pracy (luzu) czyli wartości ZD'' na czynnościach pozornych wynoszą

ZP	ZN	Luz ZD''
4	7	12
6	12	37
8	13	16
18	16	3

Ścieżka krytyczna przebiega przez czynności, dla których całkowity zapas czasu jest równy zero. Na rysunku 1 wykreślona jest podwójną linią.

Termin końcowy, wartości przestojów i luzów oraz ścieżka krytyczna stanowią materiał do analizy układu i wprowadzenia do niego zmian. Przyspieszenie kartowania sytuacji, kartowania rozgraniczenia, oraz kreślenia pierworysów wpłynie na skrócenie terminu wykonania całości pracy, oraz na zmniejszenie przestoju pracowników.

Pozostałe przestoje, po dokonaniu ewentualnej korekty układu, należy wykorzystać dla wykonania prac na innych obiektach.

Przekrój przez układ dla czasu $T = 127$ (czas końca pomiarów sytuacyjno-wysokościowych) dostarcza nam danych do powiązania danego układu z układami dla innych obiektów. Dane uzyskane z przekroju są następujące:

Określenie wykonawców (kod)	Czas związania układów na obiekcie II i III (NWK- $T_{\text{przekr.}}$)
100	0
101	20
102	24
105	42
104	52

Dalsze powiązanie układów uzyskamy wykorzystując przestoje pracowników. W tym celu wprowadzamy dodatkowe oznaczenie dla wyjścia z układu danego do innego w miejscach gdzie występują przestoje.

Rozgraniczenie polowe, czynność (9—10), po ukończeniu której następuje przestój $ZD = 27$ dni, dzielimy na 2 czynności (9—201) o czasie trwania 20 dni i (201—10) o czasie trwania 27 dni. Czynność (9—201) wykonywana jest na obiekcie II, a (201—10) przewidziana jest do wykonania na obiekcie III-cim. Być może, że z analizy ścieżki krytycznej na obiekcie III-cim wyniknie na czynności (201—10) zapas czasu, ale już napewno mniejszy od $ZD = 27$ dni.

Na rysunku 2 do siatki zależności wprowadzono ponadto czynności (202—12) o czasie 51 dni i (203—15) o czasie 29 dni. Obie te czynności przewiduje się do wykorzystania na innym dowolnym obiekcie N , a w przypadku braku możliwości wykorzystania, należy przeanalizować układ sił pracowni i przeprowadzić odpowiednie zmiany kadrowe.

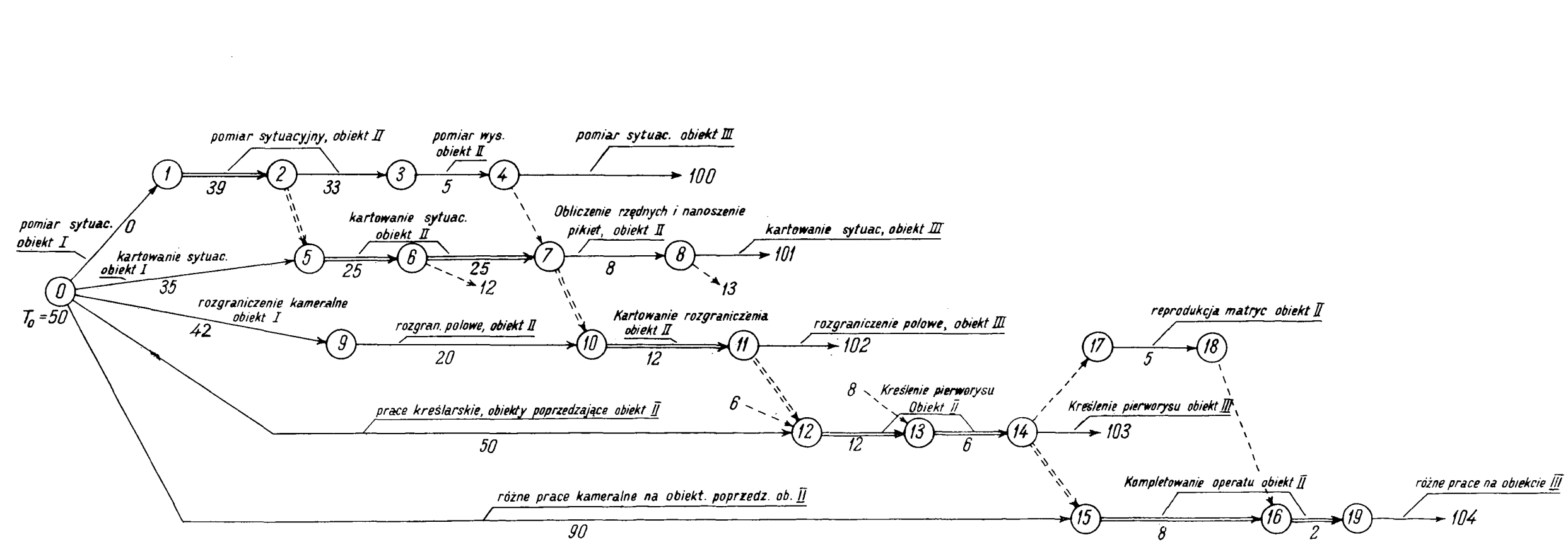
L I T E R A T U R A

- [1] *Kenneth R., Mc Crimmon and Ryavec Ch. A.*: Analytical Study of the PERT Assumptions, Operations Research 12, New York 1964.
- [2] *Grubbs F. E.*: Attempts to Validate Certain PERT Statistics or Picking on PERT, Operations Research 10, New York 1962.

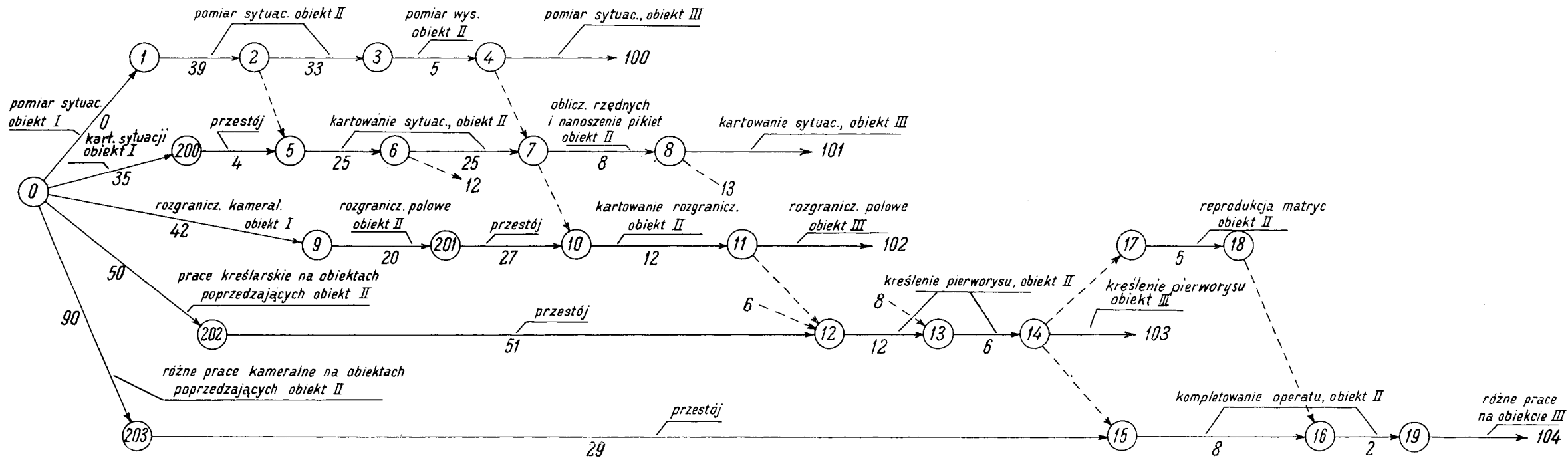
- [3] *Malcolm D.G., Roseboom J.H., Clark C.E.*: Application of a Technique for Research and Development Program Evaluation, Operations Research 7, New York 1959.
- [4] *Bernicke H.*: Die Planung von Forschungs und Entwicklungsaufgaben einschließlich der Überleitung in die Fertigung notwendigen Mechanisierungs und Automatisierungsmassnahmen mit Hilfe der Methode des kritischen Weges, Nachrichtentechnik H. 12, Berlin 1965.
- [5] *Wille H., Gerald K., Wober H.D.*: Netzplanmodelle für die Planung von Projekten, Elektron. Rechenal. 6, Berlin 1964.

Recenzował: Prof. dr Henryk Greniewski

Rękopis dostarczono Redakcji w czerwcu 1966 r.



Rys. 1. Siatka zależności czynności dla obiektu II w powiązaniu z obiektem I i III



Rys. 2. Siatka zależności czynności po 1-ym obliczeniu zapasów czasu do ewentualnego wykorzystania na innych obiektach

Tablica 1

Czynność		Czas trwania	Początek		Koniec		Zapas czasu		
ZF	ZN		NWP	NPP	NWK	NPK	ZD	ZW	ZC
0	1	0	50	50	50	50	0	0	0
1	2	39	50	50	89	89	0	0	0
2	3	33	89	101	122	134	0	12	12
2	5	0	89	89	89	89	0	0	0
3	4	5	122	134	127	139	0	12	12
4	7	0	127	139	127	139	12	0	12
4	100	0	127	139	127	139	-	-	12
0	5	35	50	54	85	89	4	0	4
5	6	25	89	89	114	114	0	0	0
6	7	25	114	114	139	139	0	0	0
6	12	0	114	151	114	151	37	0	37
7	8	8	139	155	147	163	0	16	16
7	10	0	139	139	139	139	0	0	0
8	13	0	147	163	147	163	16	0	16
8	101	0	147	163	147	163	-	-	16
0	9	42	50	77	92	119	0	20	20
9	10	20	92	119	112	139	27	0	27
10	11	12	139	139	151	151	0	0	0
11	12	0	151	151	151	151	0	0	0
11	102	0	151	151	151	151	-	-	0
0	12	50	50	101	100	151	51	0	51
12	13	12	151	151	163	163	0	0	0
13	14	6	163	163	169	169	0	0	0
14	17	0	169	172	169	172	0	3	3
14	15	0	169	169	169	169	0	0	0
14	103	0	169	169	169	169	-	-	0
0	15	90	50	79	140	169	29	0	29
15	16	8	169	169	177	177	0	0	0
17	18	5	169	172	174	177	0	3	3
18	16	0	174	177	174	177	3	0	3
16	19	2	177	177	179	179	0	0	0
19	104	0	179	179	179	179	0	0	0

Tablica 2

Czynność		Czas trwania	Początek		Koniec		Zapas czasu		
ZP	ZN		NWP	NPP	NWK	NPK	ZD	ZW	ZC
0	1	0	29.04.66	29.04.66	29.04.66	29.04.66	0	0	0
1	2	39	29.04.66	29.04.66	15.06.66	15.06.66	0	0	0
2	3	33	15.06.66	29.06.66	25.07.66	8.08.66	0	12	12
2	5	0	15.06.66	15.06.66	15.06.66	15.06.66	0	0	0
3	4	5	25.07.66	8.08.66	30.07.66	13.08.66	0	12	12
4	7	0	30.07.66	13.08.66	30.07.66	13.08.66	12	0	12
4	100	0	30.07.66	13.08.66	30.07.66	13.08.66	-	-	12
0	5	35	29.04.66	4.05.66	10.06.66	15.06.66	4	0	4
5	6	25	15.06.66	15.06.66	14.07.66	14.07.66	0	0	0
6	7	25	14.07.66	14.07.66	13.08.66	13.08.66	0	0	0
6	12	0	14.07.66	27.08.66	14.07.66	27.08.66	37	0	37
7	8	8	13.08.66	1.09.66	23.08.66	10.09.66	0	16	16
7	10	0	13.08.66	13.08.66	13.08.66	13.08.66	0	0	0
8	13	0	23.08.66	10.09.66	23.08.66	10.09.66	16	0	16
8	101	0	23.08.66	10.09.66	23.08.66	10.09.66	46	-	16
0	9	42	29.04.66	31.05.66	18.06.66	20.07.66	0	20	20
9	10	20	18.06.66	20.07.66	12.07.66	13.08.66	27	0	27
10	11	12	13.08.66	13.08.66	27.08.66	27.08.66	0	0	0
11	12	0	27.08.66	27.08.66	27.08.66	27.08.66	0	0	0
11	102	0	27.08.66	27.08.66	27.08.66	27.08.66	-	-	0
0	12	50	29.04.66	29.04.66	23.06.66	27.08.66	51	0	51
12	13	12	27.08.66	27.08.66	10.09.66	10.09.66	0	0	0
13	14	6	10.09.66	10.09.66	17.09.66	17.09.66	0	0	0
14	17	0	17.09.66	21.09.66	17.09.66	21.09.66	0	3	3
14	15	0	17.09.66	17.09.66	17.09.66	17.09.66	0	0	0
14	103	0	17.09.66	17.09.66	17.09.66	17.09.66	-	-	0
0	15	90	29.04.66	2.06.66	15.08.66	17.09.66	29	0	29
15	16	8	17.09.66	17.09.66	27.09.66	27.09.66	0	0	0
17	18	5	17.09.66	21.09.66	23.09.66	27.09.66	0	3	3
18	16	0	23.09.66	27.09.66	23.09.66	27.09.66	3	0	3
16	19	2	27.09.66	27.09.66	29.09.66	29.09.66	0	0	0
19	104	0	29.09.66	29.09.66	29.09.66	29.09.66	-	-	0

СТАНИСЛАВ СТОЦКИ

ОБ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА ПЕРТ В ГЕОДЕЗИИ

Резюме

В настоящей работе автор излагает возможности применения метода ПЕРТ, под названием „Critical Path Method” — Метод Критического Пути, для организации геодезических работ.

Эта работа является начальной теоретической разработкой, требующей дальнейших изучений на примерах из геодезических предприятий с различным видом работ. Изучения нужно производить путем анализа исходных материалов, разработки организационных схем (моделей) и исполнения примеров. Работа включает общие принципы метода и основные определения. Основы организации и контроля хода мероприятий по методу ПЕРТ возникли из оперативных исследований.

Оперативные исследования определяется как методы доставления исполнительным органам количественного базиса для принятия решения в отрасли деятельности, контролируемой этими лицами. В методе ПЕРТ для данного рода мероприятия разрабатывается система действий, которая выражает технологические и логические зависимости элементов действий в пределах данного мероприятия. Алгоритм метода предоставляет количественные данные в виде календарного расписания действия и значений резервов времени. Вычисленные данные являются основой к анализу системы для получения оптимальных экономических эффектов и подгонки срока окончания всех работ к директивному сроку.

Адаптирование метода ПЕРТ для нужд геодезии выразится через сопряжение систем действий для смежных объектов и создание таким способом возможности планирования мероприятий для произвольно длинных периодов времени и произвольного количества объектов.

План-график работ на объекте разработанный по предпосылкам метода ПЕРТ дает основу для планирования транспорта, поставки материалов, взаимодействия соучастников мероприятия, элиминирования необоснованных простоев и лишних расходов. Существовавшие до сих пор организационные трудности возникали между прочим из-за дезинтеграции элементов действий и неудовлетворительной исходной информации относительно делового объема задания.

Каждую деятельность вообще планируется и организуется опираясь на неполные данные, в особенности при неудовлетворительном уточнении задания или при неудовлетворительном разузнании элементов этой деятельности.

По мере добывания опытов, наблюдения процессов и анализа их хода можно будет приобрести в будущем более точные исходные данные, а метод ПЕРТ и электронная вычислительная техника создаст возможность постоянного приспособления программы работ к действительности.

STANISŁAW STOCKI

ON THE FEASIBILITY OF APPLYING THE PERT METHOD IN GEODETIC WORK

Summary

The author discusses the feasibility of applying the PERT method known as „Critical Path Method” („Metoda Trasy Krytycznej” in Polish) to organizing geodetical field work.

This paper is a preliminary theoretical study, requiring further research based on examples collected from various geodetic enterprises doing a variety of field work. This research would have to comprise an analysis of preliminary data, the setting up of typical organization patterns (models), and the execution of typical tasks as examples. The author's paper sets forth the general description of the method discussed, as well as some basic definitions.

The basis of organizing and controlling, according to the PERT method, the course of undertakings has developed from operative investigations. „Operative investigations” is a term used for methods of supplying to executive agencies the quantitative basic data necessary for reaching decisions with regard to the activities to be under control of the executive agencies mentioned. In the routine of the PERT method there is evolved, for any given type of undertaking, a schedule of activities comprehending the technological and logical interrelations of the constituents of activities within the planned undertaking. The algorism of this method furnishes the necessary quantitative data in the form of a listed schedule of activities and time limits. The data thus calculated are the basis for any analysis of a scheme intended to yield an optimum of economic results and to coordinate the date at which the sum total of activities shall be completed, with the date set by the authorities in charge.

The adaptation of the PERT method to the needs of geodesy finds its expression in an interlinking of schemes of activities involving adjoining objects — a procedure making it possible to plan ahead a number of undertakings spread out over arbitrarily extended periods of time and taking in any arbitrary number of objects.

The harmonogramme of successive activities laid out for any object by the PERT method creates a basis for anticipating problems of transport, supply of materials required, and cooperation between enterprises at the given object, — thus doing away with unwarranted delays and unprofitable expenditures.

Up to now, the difficulties encountered in endeavours of this kind were, in part, the result of a random disarray of the elements of activities and of insufficient preliminary data obtained as to the actual scope of the work to be accomplished. And therefore every kind of activity is usually planned and organized on the basis

of incomplete data, especially in instances of vaguely defined undertakings, or of insufficiently thorough investigation of the elements of the task to be taken over. By and by, at the rate how the scope of experience grows wider, how processes are observed more accurately, and how studies improve in critical value, it will become possible to obtain preliminary data of greater accuracy, and then the application of the PERT method combined with electronic computing is bound to result in a continuous adaptation of work programming to actual facts.