

Planowanie organizacji robót budowlanych na podstawie analizy nakładów pracy zasobów czynnych

Roman Marcinkowski¹

¹ *Instytut Budownictwa, Wydział Budownictwa Mechaniki i Petrochemii, Politechnika Warszawska, e-mail: marcinkowski@pw.plock.pl*

Streszczenie: Nakłady pracy na wykonanie procesów budowlanych są uniwersalną charakterystyką do planowania robót. Poprzez ich analizę określa się koszty pracy, zużycie czasu pracy zasobów, możliwości współpracy zasobów (współużytkowania zasobów w realizacji kilku zadań), niezbędny czas na wykonanie zadań, i inne istotne parametry analizy planistycznej. Możemy też prowadzić symulację realizacji przedsięwzięcia, bez lub z analizą ryzyka dotrzymania określonych terminów i kosztów. Zagadnienia te są przedmiotem niniejszej pracy. Proponowane techniki rozwiązywania problemów zostały podporządkowane dążeniu do minimalizowania strat z tytułu niepełnego wykorzystania potencjału produkcyjnego zasobów czynnych.

Słowa kluczowe: planowanie w budownictwie, nakłady pracy, pracochłonność robót, czas wykonania zadań budowlanych.

1. Wprowadzenie

Każdy proces budowlany o charakterze produkcyjnym wymaga zużycia pracy zasobów czynnych oraz zużycia materiałów i wyrobów budowlanych. Zużycie pracy wyrażane jest w jednostkach czasu pracy danego zasobu, na przykład: robotniko-godzinach (popularnie: roboczo-godzinach), zespoło-dniach, maszyno-godzinach; zaś zużycie materiałów i wyrobów budowlanych podawane jest w jednostkach właściwych dla danego materiału / wyrobu, na przykład w: szt., kg, m³, l, t, itd. Zużycie pracy zasobów czynnych i materiałów budowlanych w budownictwie określamy mianem *nakładów rzeczowych*.

O sprawności wykonania zadań budowlanych decydują w zdecydowanej większości sytuacji planistycznych niezbędne nakłady pracy zasobów czynnych na wykonanie zadań i liczba przydzielonych zasobów, które te nakłady mają ponieść. Znając nakłady pracy zasobów na wykonanie określonego zakresu robót, możemy ustalić możliwości czasowe wykonania tych robót dysponowanym potencjałem środków pracy.

Dlaczego nie prowadzimy tych wszystkich analiz przez pryzmat wydajności środków pracy? Powód jest w zasadzie jeden – zbyt zróżnicowana struktura procesów roboczych w budownictwie. Wydajność określa ilość produkcji w jednostce czasu, produkcji różnorodnej wykonywanej przez ten sam środek pracy w danym dniu, czy na danym froncie robót. Aby więc ustalić możliwości czasowe i koszty wykonania określonych robót, trzeba by było ustalać szczegółowo co i kiedy środek pracy wykonuje, i zestawiać to w proces łączny. Łatwiej jest ustalić zużycia czasu pracy zasobów na wykonanie poszczególnych robót i zsumować je dla zakresów robót, które stanowią elementy struktury podziału pracy w planowaniu.

Problemy planowania produkcji budowlanej mogą być różne. W planowaniu projektujemy systemy kompleksowej mechanizacji [1, 2, 3], ustalamy najkorzystniejsze rozwiązania organizacyjne współpracujących ze sobą środków pracy [4], harmonizujemy wykonanie zadań z bilansowaniem potrzeb i dostępności zasobów [5], oceniamy koszty wykonania prac [6], analizujemy ryzyka [7], itd. Podstawowym zagadnieniem planistycznym jest jednak wyznaczenie zespołu do wykonania określonego zakresu prac w ustalonym lub poszukiwanym optymalnym czasie. Wybrane zagadnienia z tego zbioru będą w niniejszej pracy przedmiotem rozważań i propozycji technik planistycznych.

2. Ustalenie składu zespołu do wykonania zadania

Rozpatrmy problem organizacji zespołu do wykonania pojedynczego zadania. Planista przydziela zasoby do wykonania zadania na podstawie znajomości nakładów pracy na wykonanie tego zadania, lub analizując wydajności zaangażowanych zasobów. Zajmijmy się pierwszym przypadkiem. Do wykonania zadania z potrzeba zaangażować zasoby czynne tworzące zbiór $R = \{r_1, r_2, \dots, r_n\}$, dla których jednostkowe nakłady pracy (w zasobo-godzinach) identyfikuje wektor $N = [n_1, n_2, \dots, n_n]$. Przydzielając do wykonania zadania z zasoby w liczbie $l(r_i)$ dla $i = 1, 2, \dots, n$, planista podejmuje decyzję ustalającą czas wykonania zadania (w godzinach) według zależności:

$$t(z) = \max \frac{n_i \cdot p(z)}{l(r_i)} \quad (i = 1, 2, \dots, n), \quad (1)$$

gdzie $p(z)$ – określa zakres zadania z .

Jeżeli zadanie z będzie jedynym zadaniem wykonywanym przez zasoby zbioru R , i zasoby te będą na miejscu wykonywania zadania z przez cały czas jego trwania, to przydział taki wiąże się ze stratą (np. w zł) z tytułu niepełnego wykorzystania czasu pracy zasobów czynnych, wyznaczaną według zależności:

$$S(z) = \sum_{i=1}^n (t(z) \cdot l(r_i) - n_i \cdot p(z)) \cdot c_i, \quad (2)$$

gdzie c_i jest jednostkową stratą (np. w zł/godz.) z tytułu niepełnego wykorzystania czasu pracy i -tego zasobu.

Jednostkowe straty c_i możemy wyznaczyć według zasad przedstawionych w [3, 8, 9], co sprowadza się do ich obliczenia dla każdego rozpatrywanego zasobu według wzoru:

$$c_i = c_i^p \cdot \frac{w_{kp}}{100} \cdot \left(1 + \frac{w_z}{100}\right) \quad (i = 1, 2, \dots, n), \quad (3)$$

gdzie: c_i^p – cena jednostkowa pracy i -tego zasobu, w_{kp}, w_z – wskaźniki procentowe kosztów pośrednich i zysku.

Zależności powyższe są użyteczne dla planisty w każdym przypadku, gdy musi on zdecydować o liczbie środków pracy współpracujących ze sobą w wykonaniu zadania z . Nietrudno jednak sobie wyobrazić, że planista może mieć możliwość wyboru środków pracy. Na przykład do wykonania wykopu może zastosować koparkę o wydajności 40 m³/godz. lub większą o wydajności 60 m³/godz. Jeżeli więc przyjmiemy, że zasoby czynne do wykonania procesu budowlanego nie są ustalone i trzeba je wybrać ze zbioru zamienników (maszyny o tym samym przeznaczeniu, jednak o różnej wydajności), to problem ustalenia zespołu wykonawczego do realizacji procesu z staje się zadaniem programowania matematycznego.

Sytuację tą zamodelujmy następująco. Planista, jak poprzednio, zna zakres robót do wykonania określony zmienną $p(z)$. W wykonaniu tych robót współpracują ze sobą środki pracy, tworzące zbiór rodzajowy $M = \{m_1, m_2, \dots, m_r\}$. Planista dysponuje różnymi typami środków pracy w poszczególnych ich rodzajach m_1, m_2, \dots, m_r . Niech tworzą one podzbiory M_i ($i=1, 2, \dots, r$) dostępnych środków produkcji. W każdym podzbiore dostępnych środków produkcji M_i są wyróżnione typy (np. konkretne maszyny) $\{m_{i1}, m_{i2}, \dots, m_{i|m_i|}\}$, które mogą się zastąpić, i których liczba jest ograniczona zmienną $l(m_{ij})$ dla ($j = 1, 2, \dots, |m_i|$). Typy środków pracy mają określoną wydajność odniesioną do jednostki miary, w której wyrażony jest zakres robót zadania z . W rozwiązaniu problemu należy ustalić liczby zaangażowanych typów środków pracy do wykonania procesu z , zapewniając wykonanie tego zadania w dyspozycyjnym czasie $\langle t_{\min}, t_{\max} \rangle$ i minimalizując straty z tytułu niepełnego wykorzystania wydajności wyznaczonych do zadania z środków pracy. Sformułujmy zadanie optymalizacji decyzji.

Niech zmiennymi decyzyjnymi będą liczby wyróżnionych typów środków pracy skierowanych do realizacji zadania z . Oznaczmy je zmiennymi $x_{ij} \in \mathbb{R}^c$, gdzie indeks i będzie identyfikował rodzaj środka pracy, zaś indeks j – jego typ, charakteryzujący się

określoną wydajnością w_{ij} (możliwą do osiągnięcia w warunkach realizacji zadania z). Zmienne te powinny spełniać warunek całkowitościowości i ograniczenie:

$$x_{ij} \leq l(m_{ij}) \quad \text{dla } (j=1,2,\dots,|m_i|; \quad i=1,2,\dots,r). \quad (4)$$

Zmienne decyzyjne muszą mieć takie wartości, aby spełnione były warunki wykonania całości robót, a mianowicie:

$$p(z) \leq \sum_{j=1}^{|m_i|} \frac{x_{ij}}{n_{ij}} \cdot t(z) \quad \text{dla } (i=1,2,\dots,r), \quad (5)$$

gdzie n_{ij} określa nakład pracy i -tego rodzaju j -tego typu środka pracy na wykonanie jednostki zadania z .

Czas wykonania zadania z można określić z zależności:

$$t(z) = \max_i \frac{p(z)}{\sum_{j=1}^{|m_i|} \frac{x_{ij}}{n_{ij}}} \quad (i=1,2,\dots,r) \quad (6)$$

Czas ten powinien spełniać warunek:

$$t_{\min} \leq t(z) \leq t_{\max}. \quad (7)$$

Jeżeli przyjmiemy, że środki pracy w liczbie x_{ij} będą uczestniczyły w realizacji zadania z przez cały czas $t(z)$, to niektóre z nich (z powodu niedopasowania wydajności) będą częściowo niewykorzystane. To niepełne wykorzystanie środków pracy będziemy chcieli minimalizować przez pryzmat kosztów strat. Obliczyć je możemy według zależności:

$$S(z) = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^{|m_i|} \frac{\left(\sum_{j=1}^{|m_i|} \frac{x_{ij}}{n_{ij}} \cdot t(z) \right) - p(z)}{\sum_{j=1}^{|m_i|} \frac{x_{ij}}{n_{ij}}} \cdot x_{ij} \cdot c_{ij}, \quad (8)$$

gdzie c_{ij} – jednostkowe koszty strat z tytułu niepełnego wykorzystania środka pracy m_{ij} (za jednostkę czasu pracy) określane według zależności (3).

Zadanie optymalizacyjne polega na wyznaczeniu zmiennych decyzyjnych $x_{ij} \in \mathbb{R}^c$, minimalizujących wartość funkcji (8), przy spełnieniu warunków określonych zależnościami (4), (5) i (7). Model taki można rozwiązać przy wykorzystaniu symulacji komputerowej, realizowanej na przykład metodą ewolucyjną w arkuszu kalkulacyjnym. Zastosowanie arkusza kalkulacyjnego do rozwiązywania problemu pozwala planiście eksperymentować, ograniczając liczbę dostępnych środków pracy do wykonania zadania z , lub zmieniając dyspozycyjny przedział czasu na wykonanie zadania.

3. Harmonogramowanie produkcji budowlanej

Harmonogramowanie produkcji budowlanej na podstawie analizy nakładów pracy zasobów jest już stosunkowo dobrze znaną techniką. Służą temu specjalnie opracowane aplikacje komputerowe, pozwalające łączyć koszty budowlany z harmonogramem robót [8]. Chodzi o automatyzację przekazu informacji o nakładach rzeczowych z kosztorysu do programu wspomagającego opracowanie harmonogramu. Kosztorysy opracowywane są przez pryzmat norm nakładów rzeczowych – bazy KNR. Mimo niedoskonałości tej bazy, trzeba stwierdzić, że tylko poprzez znajomość nakładów rzeczowych jest możliwość zautomatyzowania analiz planistycznych przy zachowaniu wymiernego ich charakteru.

Posługując się popularnymi programami do planowania przedsięwzięć „MS Project & Projekt+” lub „PLANISTA” i podając wartości nakładów rzeczowych, ich kosztów

jednostkowych oraz liczby środków pracy, używany program komputerowy wyznaczy czas realizacji zadań, a uwzględniając zależności między zadaniami i terminy dyrektywne, możemy ustalić harmonogram realizacji analizowanego zbioru zadań.

Istotnym elementem tak utworzonego harmonogramu jest możliwość zarządzania zasobami. Należy tu zapewnić pewną elastyczność w przydziale zasobów do zadań. Jeżeli przyjmiemy, że nakłady pracy są podstawą planowania, to należy definiować zadania ze stałą pracą, a dopuszczać określanie niezbędnej liczby jednostek zasobów do wykonania zadania w zakładanym czasie przez program komputerowy (rys.2).

Analizę planistyczną w programie MS Project prowadzimy wg następującej metodyki:

1. Definiujemy kalendarz projektu oraz termin rozpoczęcia planowanego przedsięwzięcia
2. Definiujemy zbiór zasobów, ich koszty jednostkowe oraz dostępność i kalendarze dla poszczególnych zasobów typu *praca* – przykład – rys.1.
3. Wprowadzamy zbiór zadań przedsięwzięcia, nakłady zdefiniowanych zasobów oraz na ich podstawie określamy realny czas na wykonanie poszczególnych zadań (rys. 2).
4. Wprowadzamy model sieciowy przedsięwzięcia i analizujemy uzyskany efekt – obciążenie dostępnych zasobów (rys.3).
5. W sytuacji niedopuszczalnego przeciążenia zasobów, bilansujemy zasoby, dopuszczając możliwość dostosowywania przydziałów zasobów do zadań i podziały pracy pozostałej (ustawienia standardowe programu);

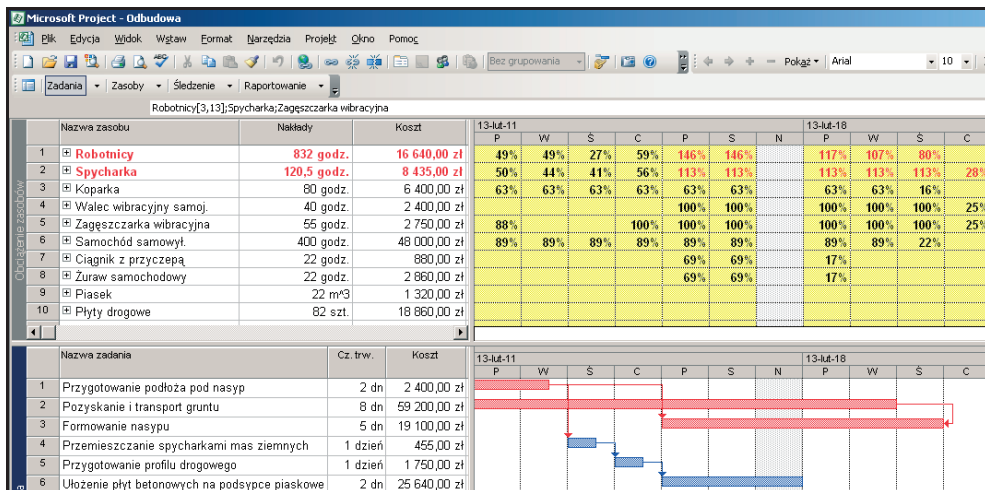
Z rysunku 3 wynika bardzo wiele informacji dla planującego. Opracowany harmonogram generuje zbyt duże obciążenie zasobów dla robotników i spycharek. Przekroczenie dostępnej ilości pracy dla tych zasobów sygnalizowane jest kolorem czerwonym i procentem wykorzystania potencjału. Planujący ma możliwość pogodzenia się z tym faktem lub podjąć proces wyeliminowania nadmiernej alokacji. Niewielkie przekroczenia mogą być akceptowane, bowiem nadmiar pracy do wykonania może być zrealizowany w nadgodzinach, bądź w innym czasie – gdy zasoby te nie są w pełni wykorzystane.

	Nazwa zasobu	Typ	Etykieta materiału	Grupa	Maks. jednostek	Stawka zasad.	Naliczanie	Kalendarz bazowy
1	Robotnicy	Praca		R	14	20,00 zł/godz.	Proporcjonalnie	Standardowy
2	Spycharka	Praca		S	2	70,00 zł/godz.	Proporcjonalnie	Standardowy
3	Koparka	Praca		S	2	80,00 zł/godz.	Proporcjonalnie	Standardowy
4	Walec wibracyjny samoj.	Praca		S	1	60,00 zł/godz.	Proporcjonalnie	Standardowy
5	Zagęszczarka wibracyjna	Praca		S	1	50,00 zł/godz.	Proporcjonalnie	Standardowy
6	Samochód samowył.	Praca		S	7	120,00 zł/godz.	Proporcjonalnie	Standardowy
7	Ciągnik z przyczepą	Praca		S	2	40,00 zł/godz.	Proporcjonalnie	Standardowy
8	Żuraw samochodowy	Praca		S	2	130,00 zł/godz.	Proporcjonalnie	Standardowy
9	Piasek	Materiał	m ³	M		60,00 zł	Proporcjonalnie	
10	Płyty drogowe	Materiał	szt.	M		230,00 zł	Proporcjonalnie	

Rys. 1. Arkusz zasobów w programie MS Project

Nazwa: Pozyskanie i transport gruntu		Czas trwania: 8d		<input checked="" type="checkbox"/> Wg nakładu pracy		Popr	
Rozpoczęcie: Pon, 13-02-11		Zakończenie: Śro, 13-02-20		Typ zadania: Praca stała			
Id.	Nazwa zasobu	Jednostki	Praca	Id.	Nazwa poprzednika		
1	Robotnicy	3,75	240h				
3	Koparka	1,25	80h				
6	Samochód samowył.	6,25	400h				

Rys. 2. Arkusz zadania w programie MS Project



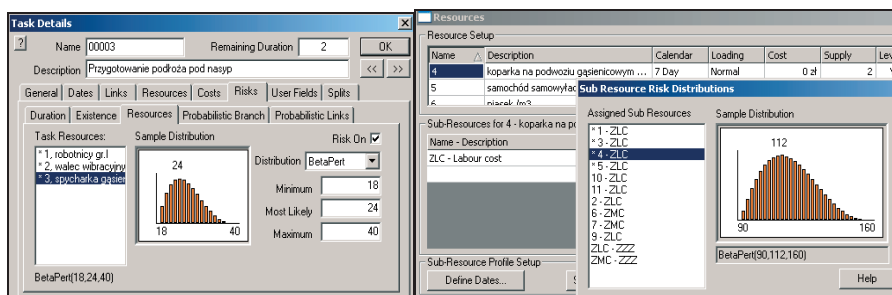
Rys. 3. Arkusze „Obciążenie zasobów” i „Harmonogram Gantta” w programie MS Project

4. Analiza ryzyka planu produkcji budowlanej

Ryzyko w planach produkcji budowlanej odnoszone jest do ustalonych i uzgodnionych terminów węzłowych, w tym do terminu zakończenia przedsięwzięcia oraz do kosztów zrealizowania prac. Charakterystyki te są funkcją rodzaju i zakresu zadań składających się na przedsięwzięcie, wymaganych nakładów zasobów, przydzielonych środków pracy i ich kosztów. Niepewność nakładów rzeczowych, dostępności i kosztów środków produkcji implikuje niepewność dotrzymania uzgodnionych terminów oraz balansu kosztów realizacji zadań i uzgodnionej kwoty kontraktu. Zwiększone koszty realizacji prac budowlanych mogą pochodzić z zwiększonych (w stosunku do normowych) nakładów na ich wykonanie, przekroczenia terminów umownych, konieczności zatrudnienia pracowników i maszyn w nadgodzinach oraz od zwiększonych jednostkowych kosztów nakładów rzeczowych.

Podstawowym zagadnieniem w ocenie ryzyka planu realizacji produkcji jest więc probabilistyczna ocena czasu trwania i kosztu realizacji zadań (przykłady opisu tych danych przedstawiono na rys. 4) oraz analiza wpływu tej oceny na spełnienie wymagań umownych (zakładanych).

Sposób analizy tak rozumianego ryzyka metodą symulacyjną w planach produkcyjnych został przedstawiony w [7]. Symulacja komputerowa, którą proponują twórcy programów Permater Project Risk, czy też, @RISK for Project umożliwia zdefiniowanie wartości danych jako zmienne losowe o określonych rozkładach, i symulowanie realizacji planowanego programu robót z oceną interesujących nas wielkości.

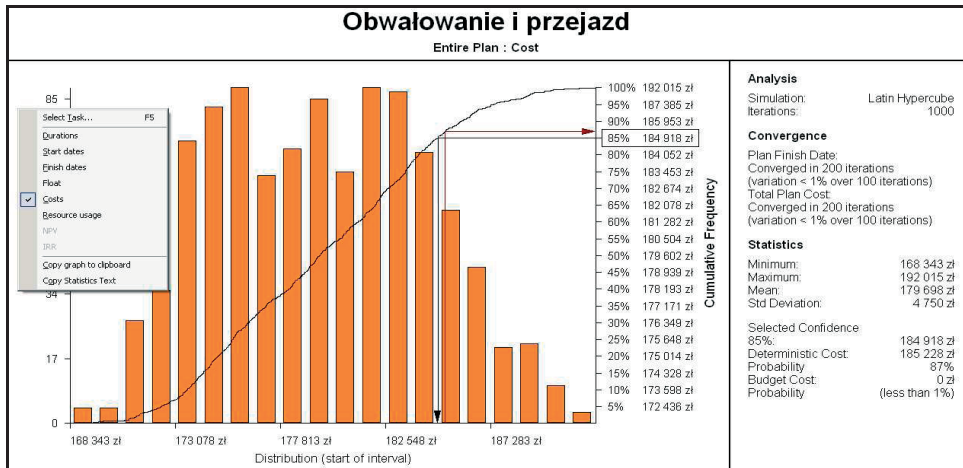


Rys. 4. Okienka dialogowe programu Pertmaster Project Risk do wprowadzania rozkładów zmienności nakładów pracy i kosztów jednostkowych zasobów.

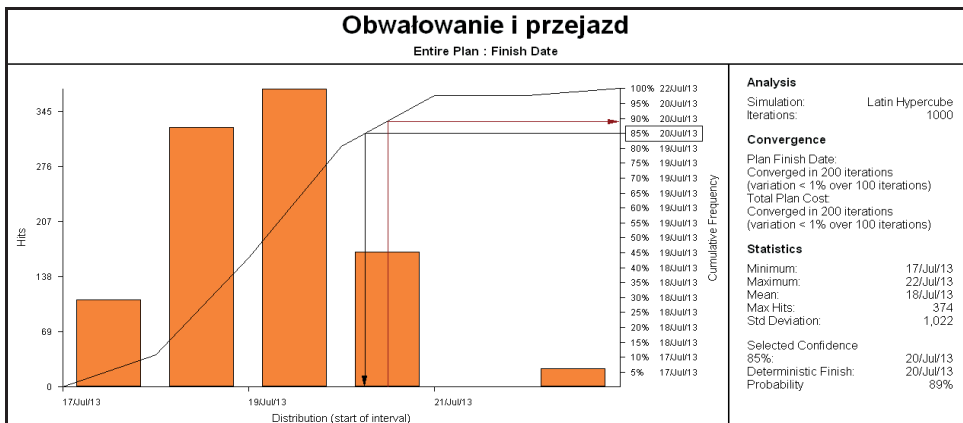
Posługując się programem z możliwością symulacyjnej analizy ryzyka, wprowadzamy do programu charakterystyki probabilistyczne nakładów pracy zasobów i ich kosztów i tak przygotowany plan poddajemy symulacji. Program losuje wielkości charakterystyczne danych według zdefiniowanych rozkładów i ustala następujące charakterystyki:

- czasy trwania i koszty realizacji zdefiniowanych grup zadań;
- terminy rozpoczęcia i zakończenia poszczególnych zadań;
- nakłady pracy zasobów na realizację całego analizowanego zbioru zadań;
- termin i koszt zrealizowania całego analizowanego zbioru zadań.

Charakterystyki te podawane są przez program w postaci graficznej – funkcji (zobrazowanej histogramem) rozkładu i dystrybuanty zmiennej losowej oraz opisowej – statystyki uzyskanej w wyniku symulacji próby (rys.7 i 8).



Rys. 7. Wyniki symulacji kosztu realizacji przedsięwzięcia w programie Pertmaster Project Risk [9].



Rys. 8. Wyniki symulacji czasu trwania przedsięwzięcia w programie Pertmaster Project Risk [9].

Program jest przygotowany do symulacji analizy ryzyka dla wybranych rozkładów statystycznych opisujących poszczególne zmienne, składające się na dane wyjściowe do planowania. Zadaniem projektanta jest wybór rozkładu najlepiej pasującego do opisu danej zmiennej losowej. Nie jest to zadanie łatwe, tym bardziej, że aktualnie brak jest badań ukierunkowanych na ten problem.

Wyznaczone w wyniku symulacji charakterystyki zmiennych losowych czasu i kosztów nie są ryzykiem. Na rysunkach 7 i 8 widzimy bowiem wartości charakterystyczne

czasów, terminów, kosztów, z oceną prawdopodobieństwa ich osiągnięcia w realizacji projektu. Ryzyko jest iloczynem straty z tytułu niepowodzenia i prawdopodobieństwa nastąpienia tej straty.

Ryzyko związane jest zawsze z decyzją. Nie rozstrzyga ono jednak o istocie problemu, który rozwiązujemy. Charakteryzuje za to samą decyzję. Stąd są decyzje o mniejszym i większym ryzyku. Nie jest więc istotne „spełnienie się” ryzyka. Kwantyfikacja ryzyka jest potrzebna do porozumiewania się decydentów między sobą i podejmowania decyzji wraz z akceptacją lub alokacją ryzyka.

5. Podsumowanie

Planowanie produkcji budowlanej na podstawie analizy nakładów rzeczowych jest podstawą wszystkich programów komputerowych wykorzystywanych w tym przeznaczeniu. Planiści chcą szybko i wiarygodnie ustalać zużycie czasu i koszty prac budowlanych. Na bazie tej wiedzy podejmują decyzje operatywne i planistyczne.

Problemy na wyznaczenie środków pracy do wykonania określonych robót (decyzje operatywne) są bardzo często bagatelizowane. Najczęściej wykonawcy budowlani chcą wykonać zadania szybko, nie zastanawiając się przy tym nad globalnymi skutkami takiego postępowania. Trzeba jednak zdawać sobie sprawę z tego, że efektywność rozwiązań organizacyjnych mierzona jest w sensie globalnym kosztami straconego czasu. Kryterium takie dawno temu sformułował w [10] prekursor naukowej organizacji pracy Karol Adamiecki. Dążenie do skracania cykli realizacyjnych, tak często podejmowane w różnych projektach, w sensie globalnym jest nieracjonalne.

Technika harmonogramowania i analizy ryzyka poprzez analizę nakładów pracy jest również niedoceniana. Uznaje się, że jest szereg mankamentów takiego planowania, wynikających z zbyt drobiazgowego rozpatrywania zasobów i nierealności norm.

Baza wiedzy o nakładach pracy na wykonanie procesów pracy jest bardzo krytykowana. Istnieją w niej przestarzałe technologie, nakłady są odniesione do bliżej nieokreślonych maszyn, procesy pracy mają niesprecyzowane warunki wykonania. Nie prowadzi się też opisu norm nakładów pracy z uwzględnieniem ich niepewności (opisu probabilistycznego). Mimo tej krytyki, firmy oferujące oprogramowanie dla budownictwa w zakresie wykonawstwa budowlanego dokładają wielu starań o uaktualnianie bazy KNR, upatrując w niej jedyną możliwość komputeryzacji procesów kalkulacyjnych w kosztorysowaniu i planowaniu produkcji budowlanej.

Literatura

- 1 Jaworski K.M., Metodologia projektowania realizacji budowy, Warszawa PWN, 1999.
- 2 Jaworski K.M., Wielokryterialna analiza jakości harmonogramów budowlanych. Przegląd Budowlany, nr 1, styczeń 2002.
- 3 Kapliński O., Metody i modele badań w inżynierii przedsięwzięć budowlanych.. Warszawa, Komitet Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN, Instytut Podstawowych Problemów Techniki, 2007.
- 4 Marcinkowski R., Koper A., Projektowanie zespołu maszyn zapewniających ciągłość betonowania konstrukcji monolitycznej. Budownictwo i Inżynieria Środowiska, wyd. Politechniki Białostockiej, nr 2 (2011), str. 583-587
- 5 Marcinkowski R., Metody rozdziału zasobów realizatora w działalności inżynieryjno-budowlanej. Warszawa, Wydawnictwo WAT, 2002.
- 6 Kowalczyk Z., Zabielski J., Kosztorysowanie robót budowlanych. Warszawa, WSiP, 2005.
- 7 Marcinkowski R., Koper A., Ocena ryzyka czasu i kosztów w planowaniu produkcji budowlanej. Przegląd Budowlany Nr 7/8 2008, str. 70-75.
- 8 Marcinkowski R., Harmonogramowanie produkcji przedsiębiorstwa budowlanego. Przegląd Budowlany Nr 2/2007, str. 41-47.
- 9 Marcinkowski R., Krawczyńska A., Koncepcja metody analizy efektywności wykorzystania deskowań systemowych w budowie obiektu żelbetowego. Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej nr 58/2011, str. 257-264
- 10 Adamiecki K., O nauce organizacji, Warszawa, PWE, 1985.

Labor demand as a key factor in building process planning

Roman Marcinkowski¹

¹ *Faculty of Civil Engineering, Mechanics and Petrochemistry, Warsaw University of Technology,
e-mail: marcinkowski@pw.plock.pl*

Abstract: Man or machine hours needed by various resources to complete construction works are the basis for work estimation and scheduling. In particular, they enable the planner to estimate labor costs or time needed to complete the task, review the resource of workload and availability of resources assigned to particular task, check the possibility of sharing resources across various tasks and determine other rates and factors useful in works scheduling. The project schedule can be analyzed both without or with and in consideration of risk of the end date of the project being pushed out or going over budget on the project.

Issues presented above are the subject of this paper. The methods of solving described problems consider the optimization of a loss that derives from partial utilization of assigned the resources.

Keywords: building process planning, total labor demand, labor productivity, time of building task performance.