

Adam KRISTOWSKI¹

NARZĘDZIA STATYSTYCZNE A BADANIE ZWIĄZKÓW PRZYCZYNOWO – SKUTKOWYCH W PROJEKTOWANIU ROBÓT BUDOWLANYCH

W artykule przedstawiono pogląd dotyczący wykorzystania narzędzi analizy statystycznej podczas projektowania technologii robót budowlanych. Autor opiera swoje poglądy na praktycznym postrzeganiu występujących zjawisk przyczynowo – skutkowych i doświadczeniu z praktycznej pracy zawodowej, próbując przekonać szczególnie młodych inżynierów do takiego właśnie postępowania.

THE STATISTICAL TOOLS AND THE INVESTIGATION OF RELATIONSHIPS BETWEEN THE CAUSE AND THE RESULT IN PROJECTING OF BUILDING WORKS

In the article is expressed the opinion about using tools of statistical analysis during projecting the technology of building works. Author bases his opinions on practical perception of occurring cause - effect phenomena and experience from practical professional work, trying to convince particularly young engineers to such conduct.

1. WPROWADZENIE

Niektóre z systemów zarządzania technologią i organizacją procesów budowlanych, można nawet powiedzieć, że większość, opartych jest o pojęcie „historical management”. Znaczenie tego pojęcia polega głównie na podejmowaniu decyzji opartych w dużej mierze na analizie zbiorów informacji z minionych okresów. Należy przypuszczać, że wykorzystanie informacji „historycznych” w zakresie zarządzania technologią i organizacją produkcji budowlanej będzie się zwiększać z następujących powodów:

- prostego przechowywania „danych historycznych” w komputerowych bazach danych,
- rozbudowy aparatu badawczego w postaci aplikacji komputerowych dla przygotowanych danych stanowiących bazę informacji,
- potrzeby zastąpienia praktycznej wiedzy ekspertów, wiedzą w ujęciu informatycznym,

¹dr inż. Politechnika Gdańska, Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska, kristowski@pg.gda.pl

- potrzeby szybkiej analizy sytuacji technologiczno - organizacyjnej i wypracowania decyzji na skutek zaistniałych nowych okoliczności w procesie produkcji budowlanej,
 - koniecznością optymalizacji kosztów prowadzenia produkcji budowlanej.
 - konkurencją wśród biur projektowych i wykonawców robót budowlanych.
- Minimalizowanie błędów planowania robót budowlanych zwiększa wiarygodność podmiotów na rynku budowlanym i wpływa w sposób decydujący na minimalizację kosztów zarówno dla inwestora jak i wykonawcy.

Przy odpowiednio zbudowanej bazie danych historycznych, np. w postaci proporcjonalnej do znanych katalogów nakładów rzeczowych (KNR) wykorzystywanych obecnie jako baza nakładów robocizny, materiałów i sprzętu podczas kosztorysowania robót budowlanych proponuje się dodatkowo korzystać z narzędzi statystycznych. To zdaniem autora znakomicie ułatwia wyciąganie poprawnych wniosków, co do jakości otrzymanych wyników planowania budowy z punktu widzenia projektowania technologii i organizacji robót. Można jednak zaobserwować, że [1] biegłości w opanowaniu aplikacji komputerowych nie towarzyszy umiejętność głębszej i logicznej analizy związków przyczynowo – skutkowych. W takich przypadkach może dojść (i z reguły dochodzi) do podejmowania decyzji z zasady błędnych. Wsparcie komputerowe prowadzonych analiz, których celem jest optymalne planowanie robót budowlanych i organizacji produkcji, nie wystarczy do wyboru decyzji poprawnych. Cały czas komputer jest jeszcze narzędziem, a człowiek – użytkownik musi umieć sam interpretować wyniki działania programów i algorytmów. W dzisiejszej działalności projektantów – planistów nie dostrzega się raczej problemów z obsługą komputera i specjalistycznych programów komputerowych. Poruszany problem dotyczy prawidłowej interpretacji zgromadzonej na nośniku informatycznym w postaci baz danych informacji i prawidłowej oceny zgromadzonych wcześniej osiągniętych wyników końcowych. Wymienione powyżej spostrzeżenia wynikają z praktycznej działalności zawodowej autora w dyscyplinie budownictwa i zostaną omówione w dalszej części artykułu.

Bibliografia [1]

2. ANALIZA PROCESU BUDOWY NA PODSTAWIE KATALOGÓW NAKŁADÓW RZECZOWYCH

Jednym z pierwszych i podstawowych pytań każdego inwestora, który podejmuje decyzję o budowie, jest: ile dana inwestycja będzie kosztować i kiedy zostanie zakończona budowa [4]. Precyzyjna odpowiedź na to pytanie pozwala na rynku budowlanym nie tylko być wiarygodnym uczestnikiem procesu budowlanego, ale także minimalizować straty i maksymalizować zyski. Nie znam osobiście przypadku, aby komukolwiek, kto był uczestnikiem procesu budowlanego, udało się precyzyjnie na to pytanie odpowiedzieć. W wielu znanych autorowi przypadkach z poprzednich kilku lat dotyczących inwestycji budowlanych ze środków publicznych taka sytuacja ma miejsce. Zastanawiającym jest fakt, że na przykład wartość kosztorysowa inwestycji według kosztorysu inwestorskiego wynosiła np. 100 mln zł, a wytypowany wykonawca podpisał umowę na 70 mln zł. Z innych źródeł wiadomo, że jest to dla niego nadal intratne zlecenie, pomimo zaoferowanej niższej ceny w stosunku do wartości kosztorysowej. Należy w związku z tym

przypuszczać, że jego zysk będzie przy niezakłóconym przebiegu procesu budowlanego nadal godziwy, pomimo różnicy wynoszącej 30% co do wartości kosztorysowej, w której zysk wykonawcy także był uwzględniany. Dlatego też może warto zastanowić się nad poprawą jakości kosztorysów inwestorskich i ich wyników końcowych w postaci ceny. Może warto pokusić się o minimalizowanie błędów z kilkudziesięciu do kilkunastu lub kilku procent. Autor prowadząc własne badania poszukuje nowych rozwiązań pozwalających poprawić jakości wyników końcowych projektowania, planowania i harmonogramowania budowy. Badania te nie mają na celu pomniejszać lub też odbierać wypracowany zysk wykonawcy. Kieruje się ideą zwykłej uczciwości zawodowej inżynierów budownictwa i rzetelnością co do planowania i uzgadniania zapłaty za uczciwie wykonaną pracę. Nie znaczy to także, że trzeba od razu kogokolwiek podejrzewać o nadużycia w sferze przetargów. Problem jest stosunkowo złożony, a niektóre z zasygnalizowanych uwag można wyeliminować w oparciu o obecnie istniejące systemy kosztorysowania przy odpowiednim i umiejętnym korzystaniu z nich. Nie jest znane autorowi obowiązujące uregulowanie prawne dotyczące pojęcia „godziwy zysk”. Uważam jednak, że brak transparentności i w wielu przypadkach jednoznaczności co do danych zawartych w przedmiarach, kosztorysach i harmonogramach podczas planowania kosztów inwestycji budowlanych, może skłaniać do próby osiągnięcia zysku przez niektórych z uczestników procesu budowlanego w sposób niegodziwy.

Bibliografia [4]

3. PRZYKŁADY WYSTĘPUJĄCYCH BŁĘDÓW W PROCESIE PLANOWANIA NAKŁADÓW I TECHNOLOGII ROBÓT BUDOWLANYCH

Obecnie na rynku dostępną jest grupa programów komputerowych (oznaczymy jako grupę pierwszą) służąca do projektowania konstrukcji budowlanych. Jest także sporo programów (oznaczymy przez grupę drugą) służących do kosztorysowania, harmonogramowania i planowania budowy [2,5]. O ile pierwsza grupa programów w wielu wypadkach w sposób dokładny pozwala projektować układ konstrukcyjny budynku, to grupa druga korzysta głównie z baz danych w postaci np. KNR [3], które to opracowano na podstawie badań i pomiarów prac budowlanych dla znanej technologii. Pozwala generować wyniki dotyczące np. zestawienia nakładów robocizny, materiałów i sprzętu, które często są dalekie od zadowalających, co możemy stwierdzić po zakończeniu budowy. Przyczyn takiego stanu jest kilka, a do głównych można zaliczyć:

- brak bieżących, tzn. nadążających za rozwojem technologii i organizacji uaktualnień bazy KNR,
- niepoprawnie, czasami wręcz niechlujnie lub bez ścisłej koncepcji technologicznej wykonana dokumentacja dotycząca zamawiania robót budowlanych w zakresie opracowania warunków technicznych wykonania i odbioru robót budowlanych,
- brak doświadczenia i praktycznej wiedzy u planistów – kosztorysantów powoduje, że wybiera się technologię w sposób automatyczny, bez chwili zastanowienia, przyjmując dane wyświetlane na ekranie monitora za „łatwy pewnik”,
- sposób sporządzania i opracowania katalogów budzi wiele zastrzeżeń. Nie powinno się dla wielu przypadków pojawiających się nowych technologii robót budowlanych próbować gromadzić dane do tworzenia KNR w oparciu np. o

ankiety. Współczesne rozwiązania wymuszają precyzyjne rozwiązania o badania, obserwacje [2] i obróbkę statystyczną a nie średnią arytmetyczną podaną w postaci nakładów robocizny, materiałów i sprzętu (RMS).

- obserwacje autora, pozwoliły dostrzec pewne uchybienia, które ogólnie biorąc można by nazwać niezbyt wnikliwym logicznym analizowaniem związków przyczynowo – skutkowych i nadmierną rutyną w posługiwaniu się nowoczesnymi narzędziami informatycznymi, co niestety z roku na rok staje się wręcz normą postępowania inżynierskiego.

Bibliografia [2,3,5]

4. PROPOZYCJA WYKORZYSTANIA NARZĘDZI STATYSTYCZNYCH W PROJEKTOWANIU PRZEBIEGU ROBÓT BUDOWLANYCH

Ze względu na losowy charakter czasu procesów budowlanych działania produkcyjne w budownictwie w większości sytuacji powinny być planowane w sposób niedeterministyczny, tzn. że nie ma współzależności zjawisk i nie ma jednoznacznie wyznaczonych warunków w jakich występują [4]. Można je zapisać nie w postaci sztywnej tak jak to się robi obecnie, ale np. w postaci przedziału rozwiązań wynikających z charakteru zjawisk losowych. Podobna idea przyświecała twórcom metody Pert w latach 50 – tych XX w. Sposób eliminacji zjawisk towarzyszących procesowi budowy zależy między innymi od otoczenia w jakich występują i środowiska robót oraz charakterystyki wykonawcy. Można stwierdzić, że „losowość” podczas budowy obiektów budowlanych zależy przede wszystkim od: wielkości i rodzaju robót budowlanych, warunków zewnętrznych i wewnętrznych związanych z jego realizacją oraz metod projektowania obiektów i robót.

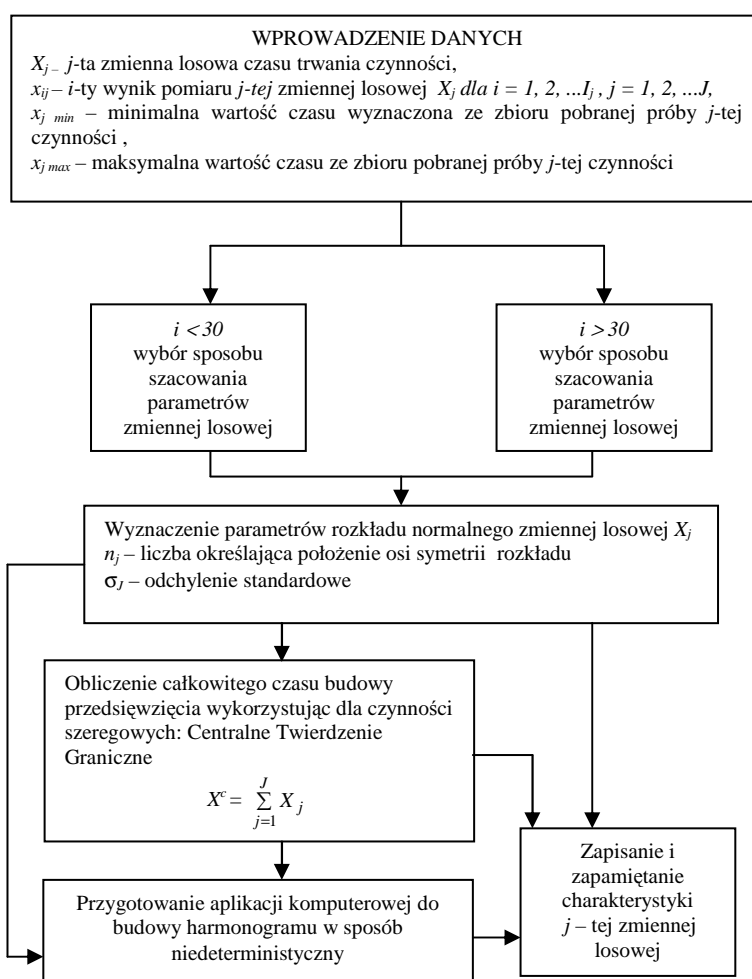
Wielkość i rodzaj procesu budowy wpływają na: czas jego realizacji, współzależność poszczególnych czynności, prawdopodobieństwo wystąpienia zakłóceń. Warunki zewnętrzne i wewnętrzne są szczególnie ważne z punktu widzenia terminów i jakości robót, efektywności poszczególnych procesów budowy.

W fazie planowania i projektowania prawdopodobieństwo popełnienia błędu jest zwykle największe. Wynika to z ilości informacji niezbędnych do projektowania oraz ograniczonej przewidywalności realizacji budowy. Pełną wiedzę o poprawności projektowania dysponujemy dopiero po zakończeniu inwestycji. Dlatego projektowanie i realizacja budowy ze względu na specyfikę własności wymaga opracowania specjalnych metod wyboru rozwiązań i poszukiwania sposobu szybkiej analizy wyników.

W przypadku przedsięwzięć prostych w realizacji i planowaniu, harmonogram opracowuje się na podstawie prostych obliczeń, przy wykorzystaniu odpowiednich norm, z podaną wielkością nakładów. Istnieje obecnie stosunkowo dużo komputerowych systemów wspomagających harmonogramowanie (Planista, MS Project, Power Project, Primavera, Pertmaster, Predict). Systemy te usprawniają proces organizacji robót przy założonej technologii, jednak opracowane na ich podstawie harmonogramy nie szacują zdefiniowanych warunków „losowych” w celu probabilistycznej oceny jakości wyniku końcowego.

Sądzę, że w obecnym czasie metody wykorzystujące podstawową wiedzę statystyki matematycznej w dziedzinie planowania budowy nie są w pełni wykorzystane. Brak jest

prostyach rozwiązaniach w tym względzie, do których i tak ciężko jest przekonać inżynierów – planistów. Zastanawiającym jest fakt, że pomimo popełnianych błędów co do jakości planowania technologii i organizacji budowy nie powstał żaden system komputerowy, który byłby popularny i wykorzystywany w sposób powszechny. Analizując powyższe spostrzeżenia proponuje się wykorzystać własności rozkładu normalnego w celu budowy systemu planowania realizacji budowy zgodnie z zamieszczonym schematem (rys.1).



Rys.1. Schemat algorytmu harmonogramowania budowy z losowym układem czasu trwania robót budowlanych

Własności rozkładu normalnego dla zmiennej losowej $[X_j]$ pozwalają zastosować jego funkcję gęstości w oparciu o pojęcie małej próby $[i]$, czyli szacuje się, że dla pomiarów znacznie mniejszych od $i = 30$ [6,7]. Te właściwości powinny być przyczynkiem do

rozpoczęcia prac badawczych i wdrożeniowych nad opracowaniem strategii planowania z uwzględnieniem losowego charakteru czasu realizacji procesów budowlanych. Taką szansę daje zastosowanie statystyki matematycznej z możliwością pełnego oprogramowania w formie aplikacji komputerowej.

Uważa się, że harmonogram w układzie niedeterministycznym, gdzie nakłady podawane będą np. w formie przedziałów z wyróżnioną wartością oczekiwaną pozwoli zminimalizować straty spowodowane np. przestojami, opóźnieniami, wysokością kar za przekroczenie terminów umownych. Podczas planowania realizacji budowy pozwoli na podanie wyników końcowych ze znanym prawdopodobieństwem, co ma ogromne znaczenie np. przy realizacji procesów budowlanych tworzących tzw. ścieżkę krytyczną, bądź zdeterminowanych czasem wykonania.

Bibliografia [4,6,7]

5. PODSUMOWANIE

Obserwując zmiany, jakie zaszły na przestrzeni ostatnich dwudziestu lat w dziedzinie planowania robót budowlanych można odnieść wrażenie, że technika komputerowa zamiast poprawiać jakość dokumentacji planistycznej zaczyna działać na niekorzyść jakości wyniku końcowego w postaci wielkości nakładów i wartości kosztorysowej inwestycji. Komputer niesamowicie przyspiesza proces planowania, ułatwia wydruk, pozwala rozszerzać bazy danych, itd. Co do tego nie ma wątpliwości i jako autor też jestem entuzjastą techniki komputerowej. Przysłania jednak potrzebę „myślenia po inżyniersku”, co moim zdaniem jest jednym z powodów błędnego planowania przebiegu robót budowlanych.

6. BIBLIOGRAFIA

- [1] Bałuch H.: *Narzędzia informatyczne a badanie związków przyczynowo – skutkowych*, IX Konferencja naukowo – techniczna inżynierii wojskowej, Warszawa 1996.
- [2] Jaworski K.M.: *Metodologia projektowania realizacji budowy*, PWN 2009.
- [3] Kowalczyk Z, Zabielski J.: *Kosztorysowanie i normowanie w budownictwie*, WSiP, Warszawa 2005.
- [4] Kristowski A.: *Bezpieczeństwo planowania budowy z uwzględnieniem ryzyka, niepewności i zakłóceń*, *Przegląd Budowlany* Nr 4, kwiecień 2005.
- [5] Kristowski A.: A proposal for the strategy of building process management including the issues of risk. *Logistyka* 6/2009.
- [6] Benjamin J.R, Corniel C.A.: *Probability, Statistics and Decision for Civil Engineers*, New York: McGraw-Hill Book Co.
- [7] Findeisen W.: *Analiza systemowa – podstawy i metodologia*, PWN.