Wojskowa Akademia Techniczna
Wydział Inżynierii Lądowej i Geodezji

RANDOMIZOWANA METODA IDENTYFIKACJI STANU ZAAWANSOWANIA ROBÓT I KOREKTY PLANU BUDOWY

Autor: mgr inż. Anna Starczyk - Kołbyk
Promotor: prof. dr hab. inż. Tadeusz Kasprowicz

Analiza realizacji inwestycji budowlanych na świecie wskazuje, że ich znaczna część na etapie wykonawstwa przekraczała planowany budżet i czas zakończenia. Prowadzone badania własne zawarte w rozprawie na realizowanych inwestycjach potwierdziły powyższe wnioski. Problem niedoszacowania inwestycji oraz przekroczenia planowanego terminu zakończenia pojawia się nadmiernie w inwestycjach budowlanych, niezależnie od rodzaju i miejsca ich realizacji.

W pracy zaproponowano nową metodę identyfikacji aktualnego stanu i oceny zaawansowania robót oraz na tej podstawie określenia niezbędnej korekty planu budowy w warunkach ryzyka. Jest to szczególnie istotne w przypadku występowania losowych zakłóceń robót budowlanych.

Identyfikacja dotyczyła fazy realizacji przedsięwzięcia budowlanego na placu budowy. Analizie podlegały przedsięwzięcia budowlane wielokrotnie aneksowane, określenie przyczyn i podanie skutków aneksowania oraz znalezienie metody umożliwiającej usprawnienie kontroli przedsięwzięć budowlanych. W późniejszym etapie badań założono sprawdzenie, czy zastosowanie przyjętej metody EVM już na etapie wprowadzenia na budowę, pozwoli przewidzieć i uniknąć wielokrotnego aneksowania robót oraz jak zostaną przedstawione termin i kwota końcowa robót przed i po aneksie.

Po weryfikacji metody EVM, głównym celem było jej zmodyfikowanie oraz przystosowanie do warunków realizacji przedsięwzięć budowlanych z uwzględnieniem analizy ryzyka, a następnie analiza już zmodyfikowanej metody do szacowania kosztu i terminu końcowego inwestycji budowlanej. W tym celu została opracowana procedura postępowania z uwzględnieniem randomizacji danych, pozwalająca w poprawny sposób prognozować koszt i czas końcowy inwestycji w oparciu o aktualną tendencję robót oraz zmodyfikowaną metodę EVM. Randomizacja polegała na przypisywaniu charakterystyk losowych danym deterministycznym na podstawie analizy pomierzonych wartości czasu i kosztów oraz rodzaju i siły oddziaływania rzeczywistych zdarzeń losowych na przebieg i wyniki robót. To proces tworzenia zmiennych losowych, które są niezbędne do analizy identyfikacyjnej i oceny postępu robót.

Przedstawiona w rozprawie doktorskiej randomizowana metoda identyfikacji stanu zaawansowania robót i korekty planu budowy, prowadzone badania, analizy weryfikacyjne oraz ich wyniki potwierdziły założoną tezę, iż identyfikacja stanu zaawansowania robót randomizowaną metodą EVM wraz z analizą probabilistyczną procesu realizacji, pozwala lepiej szacować rzeczywisty termin zakończenia i całkowite koszty robót oraz skorygować plan budowy.

Randomizowana metoda EVM została wdrożona w prowadzonej inwestycji już na etapie planowania. Podczas realizacji prowadzono miesięczne kontrole EVM oraz w okresach miesięcznych szacowano koszt i czas zakończenia inwestycji. Szczegółowa analiza oraz kontrola inwestycji pozwoliła w odpowiedni sposób kierować budową, podejmować trafne decyzje w odpowiednim czasie, bez zwłoki oraz niepewności. Dzięki temu ograniczono liczbę aneksów.

Ocena ryzyka robót budowlanych polegała na analizie losowej sytuacji realizacyjnej i losowej charakterystyki robót, definiowaniu zagrożeń i szans realizacyjnych, obliczaniu oczekiwanego czasu i oczekiwanych kosztów robót oraz oszacowaniu prawdopodobieństwa przekroczenia wartości umownych czasu i kosztów robót w przewidywanych warunkach realizacji. Ocena ryzyka robót budowlanych była ostatnią fazą analizy przed podjęciem ostatecznej decyzji o korekcie realizacji robót i ewentualnych założeń w zakresie dopuszczalnych wartości skrócenia i wydłużenia czasu oraz zmniejszenia lub zwiększenia kosztów robót. Ocena ryzyka stanowiła podstawę realnego oszacowania prawdopodobnych korzyści lub strat inwestora i wykonawcy robót w związku z realizacją umowy na roboty budowlane.

Metoda zasadniczo nie zmieniła procesu kierowania budową, jednak zapewniła realistyczne uwzględnienie wpływu czynników losowych na przebieg i wyniki poszczególnych robót i całości przedsięwzięcia. Dostarczyła więcej danych niż inne metody, które były niezbędne do podjęcia decyzji operatywnych na budowie. Pozwoliła lepiej szacować rzeczywisty termin zakończenia i całkowite koszty robót oraz, odpowiednio do stwierdzonych warunków realizacji, skorygować plan budowy. Po każdej kontroli stanu zaawansowania robót metoda pozwoliła:

1. Wykorzystać dane, które także aktualnie były analizowane podczas oceny stanu zaawansowania robót, gdyż podstawą analizy były:
   - obmiar robót już wykonanych,
   - harmonogram robót ustalony na etapie planowania przedsięwzięcia,
   - kosztorys robót przyjęty na etapie planowania przedsięwzięcia.
2. Zidentyfikować ryzyko realizacji (randomizacja danych) oraz określić ilościowo wpływ zakłóceń na przebieg i wyniki poszczególnych robót i całego przedsięwzięcia.
3. Oszacować skorygowany termin zakończenia robót z uwzględnieniem ryzyka.
4. Oszacować skorygowane całkowite koszty wykonania robót z uwzględnieniem ryzyka.
5. Zaprojektować korektę harmonogramu i kosztorysu robót, które pozostały do zakończenia przedsięwzięcia w stwierdzonych i prognozowanych warunkach losowych realizacji.

Podstawowym warunkiem zastosowania metody było prawidłowe wykonanie obmiaru robót oraz znajomość zakontraktowanego harmonogramu i przyjętego kosztorysu robót.

Słowa kluczowe: kontrola inwestycji, metoda EVM, randomizacja danych, kontyngencja czasu i kosztów, analiza ryzyka, BIM

Military University of Technology
Faculty of Civil Engineering and Geodesy

RANDOMIZED METHOD USED TO IDENTIFY STATE OF PROGRESS AT WORKS AND CORRECTION OF CONSTRUCTION PLAN

Author: Anna Starczyk - Kołbyk, M. Sc. Eng.
Supervisor: Prof. Tadeusz Kasprowicz, Ph.D., D.Sc.

Analysis of investment in the world shows that a significant part of them at the execution stage exceeded the planned budget and end time. The conducted own research included in the dissertation on the implemented investments confirmed the above conclusions. The problem of underestimating investments and exceeding the planned completion date appears excessively in construction investments, regardless of the type and place of their implementation.

The paper proposes a new method for identifying the current state and assessment of the progress of works, and on this basis, determining the necessary adjustment of the construction plan in risk conditions. This is particularly important in the case of random disturbances in construction works.

The identification concerned the implementation phase of the project on the construction site. Construction projects that were repeatedly annexed were analyzed, as well as describing the reasons and giving effects of annexing and finding the method enabling the control of construction projects.
At a later stage of the study, it was assumed to check whether the use of the EVM method adopted at the very stage of construction, will allow to predict and avoid multiple annexes and how the deadline will be presented and the final amount of works before and after the annex.

After veryfying the EVM method, the main goal was to modify and adapt it to the conditions of construction projects taking into account risk analysis, followed by the analyze of the already modified method in order to estimate the cost and time of the final construction investment. For that purpose the procedure for dealing with data randomisation has been developed, allowing to correctly forecast the cost and end time of the investment based on the current trend of works and the modified EVM method. Randomization consisted in attributing random characteristics to deterministic data based on the analysis of measured time and cost values and type and the impact of real random events on the course and results of works. This is the process of creating random variables that are necessary for identification analysis and assessment of work progress.

The randomized method of identifying the progress of works and the correction of the construction plan presented in the thesis, the conducted research, verification analyzes and their results confirmed the thesis that the identification of the progress of works randomized by the EVM method together with the probabilistic analysis of the implementation process, allows to better estimate the actual end date and total costs of works and correct the construction plan.

The randomized EVM method has been implemented in the ongoing investment at the planning stage. During the implementation, monthly EVM inspections were carried out and the cost and time of completing the investment were estimated on a monthly basis. Detailed analysis and investment control allowed to manage the construction in a proper way, make the right decisions in a timely manner, without delay or uncertainty. Thanks to this, the number of annexes has been limited.

The risk assessment of construction works consisted in random analysis of the implementation situation and random characterization of the works, defining threats and implementation opportunities, calculating the expected time and expected costs of works and estimating the probability of exceeding the contractual values of time and costs of works under the anticipated conditions of completion. The risk assessment of construction works was the last stage of the analysis before making the final decision on the adjustment of the works and possible assumptions regarding the permissible values

of shortening and extending the time, as well as reducing or increasing the costs of works. The risk assessment was the basis for a real estimate of the likely benefits or losses of the investor and the contractor for the work in connection with the performance of the construction contract.

The method basically did not change the process of managing the construction, but it provided a realistic account of the impact of random factors on the course and results of individual works and the entire project. It provided more data than other methods that were necessary to make operative decisions on the construction site. It allowed to better estimate the actual end date and total costs of works and, in accordance with the stated conditions of implementation, to correct the construction plan. After each inspection of the progress of the works, the method allowed:

1. Use data, which were also currently analyzed during the assessment of the progress of works, as the basis for the analysis were:
   - the measurement of works already carried out,
   - work schedule established at the planning stage of the project,
   - cost estimate of works adopted at the project planning stage.
2. Identify the risk of implementation (randomization of data) and quantify the impact of disruptions on the course and results of individual works and the entire project.
3. Estimate the adjusted date of completion of work taking into account the risk
4. Estimate the adjusted total costs of works performance taking into account the risk.
5. Design a correction of the schedule and cost estimate for the works that remain until the end of the project in the stated and forecasted conditions of random implementation.

The basic condition for the application of the method was the proper performance of the works, as well as the knowledge of the contracted schedule and the accepted cost estimate for the works.

Keywords: investment control, EVM method, data randomization, contingency of time and costs, risk analysis, BIM