

## Streszczenie

W rozprawie doktorskiej omówiono zagadnienia związane z oszacowaniem kosztów realizacji systemów elewacyjnych w formie fasad aluminiowo-szklanych i elewacji wentylowanych stosowanych w budynkach użyteczności publicznej. Koszty wykonania tych elewacji mogą stanowić średnio 25% całkowitych kosztów ich realizacji (bez instalacji). Dodatkowo kalkulacja kosztów realizacji systemów elewacyjnych jest zadaniem skomplikowanym, pracochłonnym i wymaga obszernej wiedzy specjalistycznej od osób dokonujących wyceny.

Celem głównym pracy jest budowa modelu predykcyjnego do szacowania kosztów wykonania systemów fasadowych na etapie projektowania koncepcyjnego, w warunkach znajomości podstawowych danych konstrukcyjnych, parametrów technicznych i przy założonym poziomie jakości.

Praca składa się z 7 rozdziałów.

W rozdziale pierwszym rozprawy doktorskiej sformułowano problem badawczy oraz jego zasadność. Określono cele i tezy pracy. Poruszono zagadnienia pracy z zakresu kosztów realizacji systemów fasadowych, a także przedstawiono zakres prowadzonych badań i analiz.

W rozdziale drugim dokonano przeglądu istniejącego stanu wiedzy w sposób, który umożliwił określenie i poznanie zagadnień związanych z prowadzonymi badaniami. Zakres analizy obejmował: metody oszacowania i kalkulacji kosztów przedsięwzięć budowlanych, dokładności szacowania kosztów przedsięwzięć budowlanych oraz modeli szacowania i kalkulacji kosztów. Studia literatury obejmowały także zagadnienia związane z zarządzaniem jakością w budownictwie, jakością obiektów budowlanych oraz tematykę kosztów jakości.

W rozdziale trzecim przedstawiono klasyfikację elewacji oraz określono podstawowe jej funkcje. Opisano rodzaje systemów elewacyjnych w formie fasad aluminiowo-szklanych oraz elewacji wentylowanych. W drugiej części rozdziału omówiono sposób wykonywania indywidualnej kalkulacji kosztów systemów elewacyjnych w formie fasad aluminiowo-szklanych lub elewacji wentylowanych. Opisano kolejne etapy kalkulacji kosztów wykonania systemu fasadowego.

W rozdziale czwartym scharakteryzowano metody i techniki wykorzystane w prowadzeniu badań własnych. Dokonano analizy zgromadzonej dokumentacji kontraktowej (dokumentacji projektowej, dokumentacji rozliczeniowej, dokumentacji powykonawczej) dla 209 przypadków zrealizowanych budynków użyteczności publicznej. Do analizy

wyselekcjonowano inwestycje, których koszt wykonania nie przekraczał 15 mln zł. Na ich podstawie wyodrębniono 14 czynników wpływających na koszty systemów fasadowych, które zostały poddane analizie statystycznej oraz analizie strukturalnej. Pozyskane dane i przeprowadzona analiza stanowiła podstawę do zbudowania bazy danych.

W rozdziale piątym przedstawiono wyniki badań własnych w zakresie czynników wpływających na koszty jakości wykonania analizowanych rodzajów fasad. Na podstawie analizy literatury oraz dokumentacji kontraktowej zidentyfikowano 22 czynniki wpływające na koszty jakości systemów fasadowych, które zostały przyporządkowane do 5 grup kosztów. Oceny ważności każdego czynnika wykonano na podstawie przeprowadzonych badań ankietowych. Dokonano również procentowej oceny wpływu poszczególnych czynników i grup kosztów jakości na wartość inwestycji. Bazując na otrzymanych wynikach badań, określono procentowy wskaźnik za podwyższoną jakość wykonania systemów fasadowych.

W rozdziale szóstym dokonano oceny związków korelacyjnych pomiędzy zmiennymi niezależnymi i zmienną zależną. Ponadto zbadano wzajemne związki pomiędzy zmiennymi niezależnymi, wykorzystując w tym celu współczynnik rang Spearmana. Do szacowania kosztów systemów fasadowych zaproponowano i zbudowano 4 modele predykcji kosztów. Model regresji wielorakiej, model regresji krokowej postępującej, model drzewa regresyjnego oraz model sztucznej sieci neuronowej. Na podstawie wartości błędów prognoz wybrano model sztucznej sieci neuronowej, charakteryzującej się najlepszą jakością predykcji. Dla wybranego modelu przeprowadzono globalną analizę wrażliwości. Dodatkowo przeprowadzono selekcję zmiennych w zależności od stopnia istotności każdej zmiennej oraz symulację zmienności modelu w zależności od zmiany wartości najistotniejszych zmiennych. Ostatni etap analiz to propozycja narzędzia do kalkulacji kosztów elewacji, jakim jest aplikacja komputerowa, zbudowana na podstawie wybranego modelu predykcyjnego. Wykorzystując opracowane narzędzie przeprowadzono weryfikację działania modelu dla nowych przypadków realizacji budynków użyteczności publicznej.

W ostatnim rozdziale siódmym dokonano podsumowania prowadzonych badań i analiz, wyszczególniono wkład własny autorki i oryginalne aspekty pracy, a także wskazano dalsze kierunki badań.

W efekcie przeprowadzonych w rozprawie doktorskiej badań i analiz można wnioskować, że spośród czterech zaproponowanych modeli, najlepszą jakość predykcji wykazuje model sztucznej sieci neuronowej, który prognozuje koszty systemów fasadowych z dokładnością poniżej 25% dla 90% analizowanych przypadków. Natomiast średni absolutny błąd procentowy dla modelu wynosi 11,53%. Dodatkowo przyjęcie wskaźnika na poziomie 2%

kosztów realizacji systemów fasadowych daje możliwość uwzględnienia w wycenie podwyższonej jakości wykonania systemów fasadowych.

Do oryginalnych elementów rozprawy zaliczyć można: przeprowadzenie badań w zakresie kosztów systemów fasadowych oraz kosztów jakości, zastosowanie metody MICMAC w celu określenia struktury czynników oraz ich wzajemnego wpływu, zidentyfikowanie i ocenę parametrów wejściowych modelu oraz wykorzystanie metod statystycznych, algorytmów uczenia maszynowego i sztucznej inteligencji do budowy modelu predykcji kosztów.