

Streszczenie

Rozprawa doktorska składa się z siedmiu rozdziałów, w których przedstawiono nowatorską metodykę do prognozowania wpływu czynników geotechniczno-konstrukcyjnych na stateczność osuwisk na terenie fliszu karpackiego. Opracowana metodyka bazuje na metodzie sztucznej inteligencji w postaci sieci neuronowych i modelowania numerycznego. Dane wejściowe i wyjściowe to czynniki geotechniczne i konstrukcyjne poszczególnych przypadków projektowanej drogi na osuwisku.

Stosowane metody zabezpieczeń terenów osuwiskowych bazują na doświadczeniach eksperckich. Brak jest systemowych propozycji rozwiązań uwzględniających projektowanie infrastruktury drogowej w warunkach fliszu karpackiego. Dodatkowo brak jest usystematyzowanych obiektywnych podejść, które stanowiłyby podstawę projektowania szlaków komunikacyjnych na osuwiskach fliszu karpackiego. Nie ma aktualnie metodyki prognozowania skutecznych rozwiązań geotechniczno-konstrukcyjnych gwarantujących stateczność infrastruktury drogowej na osuwiskach fliszu karpackiego, co było motywacją autorki do podjęcia prac mających na celu rozwiązanie tego problemu

Początkowe rozdziały zostały poświęcone rozpoznaniu problematyki projektowania infrastruktury drogowej na terenach osuwiskowych fliszu karpackiego. W rozdziale drugim omówiono zagrożenia osuwiskowe w Polsce południowej, w tym wpływ zawodnienia na rozwój procesu osuwiskowego. Zwrócono szczególną uwagę na drogi zagrożone osuwiskami oraz znaczenie rozpoznawania osuwisk dla projektowanej infrastruktury drogowej. Obowiązujące wytyczne projektowania dróg na terenach osuwiskowych pod kątem podłoża gruntowego przedstawiono w rozdziale trzecim.

Metodykę pracy przedstawiono w rozdziale czwartym. Opisano proces gromadzenia i przetwarzania danych wykorzystanych w rozprawie doktorskiej oraz scharakteryzowano tereny objęte badaniami. W metodyce pracy skupiono się zwłaszcza na omówieniu prowadzonych analiz numerycznych oraz symulacji neuronowych.

Rozdział piąty zawiera wyniki przeprowadzonych obliczeń numerycznych stateczności analizowanych terenów osuwiskowych, które zlokalizowane są w województwie podkarpackim wzdłuż projektowanej drogi ekspresowej S19, stanowiącej część europejskiego szlaku „Via Carpatia”, łączącego Kłajpedę na Litwie z Salonikami w Grecji. W pracy wykorzystano wyniki z 1052 analiz stateczności dla kilkudziesięciu osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi. Rozpatrzono liczne przypadki obliczeniowe, w tym naturalną geometrię zbocza, wykonanie wykopu drogowego z sześcioma wariantami nachylenia skarpy wykopu, zabezpieczenie konstrukcyjne osuwiska i/lub skarpy wykopu drogowego w postaci gwoździ gruntowych, kotew gruntowych, pali fundamentowych lub ich kombinacji. Wszystkie obliczenia prowadzono przy założeniu dwóch poziomów zwierciadła wód gruntowych. Pierwszy ustalony na etapie badań terenowych oraz drugi maksymalny, który dla każdego osuwiska określano indywidualnie na podstawie wyników z badań piezometrycznych. W przeprowadzonych analizach numerycznych uwzględniono zmiany czynnika geotechnicznego jakim jest poziom zwierciadła wód gruntowych oraz dwóch czynników konstrukcyjnych – nachylenia skarpy wykopu drogowego oraz stosowanego zabezpieczenia konstrukcyjnego.

Wyniki uzyskane z autorskiego algorytmu wykorzystującego sztuczne sieci neuronowe zamieszczono w rozdziale szóstym. Na podstawie zgromadzonej bazy danych wejściowych i wyjściowych obejmujących czynniki geotechniczne charakteryzujące podłoże gruntowe oraz konstrukcyjne związane z projektowaną infrastrukturą drogową

zaprojektowano 192 sieci neuronowe o zróżnicowanej architekturze oraz parametrach uczenia, z których zaprezentowano kilka najlepiej wytrenowanych.

Podsumowanie rozprawy doktorskiej przedstawiono w rozdziale siódmym. Autorka wytypowała sieć neuronową SNN #19, która najlepiej poradziła sobie z rozwiązaniem nałożonego problemu. Błąd średniokwadratowy dla sieci neuronowej SNN #19 wyniósł 0,0064 (tabela 6.1). Dla tej sieci korzystnie prezentują się wartości współczynników determinacji, które przyjmują najwyższe wartości z wszystkich opracowanych sieci neuronowych. Dla próbek ze zbioru uczącego współczynnik determinacji wynosi $R^2=0,9582$, a dla wszystkich próbek wykorzystanych w sieci neuronowej $R^2=0,9215$ (rysunek 6.12). Wytypowany model sztucznej sieci neuronowej umożliwia prognozowanie czynników geotechniczno-konstrukcyjnych charakteryzujących stateczną infrastrukturę drogową na terenach osuwiskowych fliszu karpackiego. Przeprowadzone badania i analizy pozwoliły na sformułowanie autorskiego współczynnika efektywności projektowej, który pozwala na ocenę skuteczności zabezpieczeń terenu osuwiskowego przeznaczonego pod infrastrukturę drogową. Współczynnik ten określa, czy osuwisko lub teren zagrożony ruchami masowymi po wykonaniu drogi wymaga zabezpieczenia konstrukcyjnego i opiera się na zdefiniowanych przez użytkownika parametrach charakteryzujących zbocze.

Zaproponowana metodyka wykorzystująca połączone ze sobą narzędzia modelowania numerycznego metodą elementów skończonych oraz sztucznej inteligencji w postaci sieci neuronowych jest skuteczna i pozwala ocenić wpływ czynników geotechniczno-konstrukcyjnych na stateczność infrastruktury drogowej na osuwiskach fliszu karpackiego. Opracowany algorytm neuronowy może stanowić przydatne źródło wiedzy dla projektantów oraz przyczynić się do poprawy jakości podejmowanych decyzji projektowych w zakresie infrastruktury drogowej na terenach osuwiskowych we fliszu karpackim.