

SPIS TREŚCI

Rozdział I. Zastosowanie metod numerycznych w analizie wybranych zagadnień geotechniki i geotechniki środowiska	7
Rozdział II. Rozwiązanie zagadnienia odwrotnego za pomocą sztucznych sieci neuronowych	12
1. Wstęp: zagadnienie „wprost” i zagadnienie odwrotne	12
2. Problem odwrotny w zagadnieniach inżynierskich	18
3. Rozwiązanie przybliżone zagadnienia odwrotnego przy użyciu sztucznej sieci neuronowej	18
4. Przykład ilustrujący: identyfikacja współczynnika Winklera oraz efektywnej sztywności belki spoczywającej na sprężystym podłożu	22
4.1. Sformułowanie problemu identyfikacji współczynnika Winklera	22
4.2. Identyfikacja współczynnika Winklera oraz sztywności nawierzchni dla podłoża jednorodnego	26
4.3. Identyfikacja współczynnika Winklera oraz sztywności nawierzchni dla podłoża, którego sztywność zmienia się skokowo	30
5. Podsumowanie: właściwości metody rozwiązania zagadnienia odwrotnego metodą aproksymacji relacji odwrotnej	37
6. Bibliografia	38
Rozdział III. Zastosowanie metody elementów skończonych oraz sztucznej sieci neuronowej do identyfikacji parametrów nawierzchni warstwowej	42
1. Wstęp	42
2. Numeryczny model nawierzchni	44
2.1. Sformułowanie	44
2.2. Generacja danych do uczenia SSN	46
3. Identyfikacja parametrów modelu za pomocą SSN	48
3.1. Zagadnienie treningu sztucznych sieci neuronowych	48
3.2. SSN jako bezpośredni aproksymator relacji odwrotnej	49
3.2.1. Opis metody	49
3.2.2. Wyniki uczenia i identyfikacji	49
3.3. SSN jako aproksymator odpowiedzi modelu	52
3.3.1. Opis metody	52
3.3.2. Wyniki uczenia i identyfikacji	52

4. Dyskusja wyników i wnioski	55
5. Bibliografia	56
Rozdział IV. Identyfikacja parametrów mechanicznych nawierzchni, podbudowy i gruntu dla klasycznych modeli interakcji grunt–budowla.....	57
1. Nieniszczące badania właściwości mechanicznych warstwowych układów powierzchniowych	57
2. Klasyczne modele interakcji grunt–budowla	59
3. Ustalenie parametrów modelu Pasternaka na podstawie danych z testu FWD, z zastosowaniem analizy odwrotnej.....	61
3.1. Sformułowanie zagadnienia	61
3.2. Rozwiązanie zagadnienia „wprost”	63
3.3. Rozwiązanie zagadnienia odwrotnego	64
4. Sformułowanie modelu „dwubelkowego” oraz identyfikacja jego parametrów na podstawie danych doświadczalnych.....	67
4.1. Sformułowanie zagadnienia	67
4.2. Rozwiązanie zagadnienia „wprost”	69
4.3. Rozwiązanie zagadnienia odwrotnego	70
4.4. Wykorzystanie modelu dwubelkowego do identyfikacji sztywności warstw belki dwuwarstwowej	71
5. Niejednoznaczność identyfikacji opartej na wynikach testu FWD	75
6. Podsumowanie i wnioski.....	83
7. Bibliografia	84
Rozdział V. Ustalenie położenia i intensywności źródła skażenia gruntu jako zagadnienie odwrotne rozwiązywane z zastosowaniem sztucznej sieci neuronowej	86
1. Wstęp	86
2. Sformułowanie problemu.....	87
3. Rozwiązanie zagadnienia „wprost”	89
3.1. Opis skażonego obszaru przyjętego do obliczeń.....	89
3.2. Warunki hydrologiczno-geologiczne terenu	90
3.3. Rezultaty obliczeń „wprost”	91
4. Rozwiązania zagadnień odwrotnych.....	93
4.1. Identyfikacja intensywności źródła skażenia	94
4.2. Identyfikacja położenia źródła skażenia	96

4.3. Identyfikacja współczynnika filtracji bariery	99
5. Podsumowanie	100
6. Bibliografia	100
Rozdział VI. Posadowienie na płycie fundamentowej – ustalenie współczynników podatności podłoża	102
1. Wstęp	102
2. Moduł i współczynnik podatności.....	103
3. Rozkłady naprężeń pionowych w gruncie.....	105
3.1. Rozkład prostokątny.....	105
3.2. Rozkład trójkątny	106
3.3. Rozkład wykładniczy	106
3.4. Rozkłady oparte na rozwiązaniach sprężystych	107
3.5. Głębokość całkowania	109
4. Model 3D płyty fundamentowej	111
4.1. Model bazowy.....	111
4.2. Zmiana sztywności płyty.....	113
4.3. Zmiana sposobu obciążenia płyty	114
4.4. Zmiana odkształcalności podłoża.....	115
4.5. Zmiana wymiarów płyty	116
5. Zalecenia projektowe	118
6. Wnioski końcowe.....	118
7. Bibliografia	119
Rozdział VII. Analiza zachowania się elementów konstrukcyjnych obiektu mostowego w trakcie jego realizacji.....	121
1. Wstęp	121
2. O obiekcie i technologii budowy	121
3. Monitoring geometrii podłużnej i sił normalnych.....	124
4. Model numeryczny	125
5. Porównanie wyników teoretycznych z rzeczywistymi.....	126
5.1. Przemieszczenia wynikające z modelu obliczeniowego	126
5.2. Przemieszczenia odwracalne.....	128
5.3. Porównanie przemieszczeń od naciągu kabli	129
5.4. Siły normalne w podporach tymczasowych	130

6. Podsumowanie	132
7. Bibliografia	133
Rozdział VIII. Optymalizacja parametrów projektowanej reaktywnej bariery ochronnej na pogorzelisku składowiska odpadów.....	135
1. Wstęp	135
2. Metoda heurystyczna optymalizacji wymiarów PRB	136
3. Budowa geologiczna i warunki hydrogeologiczne.....	141
4. Wstępne przyjęcie parametrów geometrycznych.....	146
5. Wyniki.....	146
6. Wnioski	150
7. Bibliografia	151
Rozdział IX. Zastosowanie sieci neuronowych do hydromorfologicznego opisu rzeki Olechówki	152
1. Wprowadzenie	152
2. Opis rzeki Olechówki w formacie RHS	154
3. Zastosowanie sztucznej sieci neuronowej typu IAC do opisu rzeki Olechówki	156
4. Powiązanie sieci IAC z bazą danych.....	159
5. Przykład działania sieci IAC.....	160
6. Wyszukiwanie według nazwy.....	163
7. Przypisywanie prawdopodobnej wartości, gdy brakuje jej wśród części danych wpisanych do bazy danych.....	164
8. Podsumowanie	165
9. Bibliografia	166
Streszczenie	167
Abstract	171

STRESZCZENIE

Monografia stanowi przegląd bieżących prac naukowych pracowników Katedry Geotechniki i Budowli Inżynierskich Politechniki Łódzkiej. Wspólnym elementem tematycznym jest w niej zastosowanie metod numerycznych do rozwiązywania zagadnień geotechniki i geotechniki środowiskowej, a w szczególności – metod numerycznych wykorzystujących zastosowanie sztucznych sieci neuronowych (SSN), a także rozwiązywanie zagadnienia odwrotnego związanego z identyfikacją parametrów modeli nawierzchni i podłoża gruntowego oraz z zagadnieniami przepływu wód gruntowych zanieczyszczonych substancjami chemicznymi.

We wstępie uzasadniono wybór przedmiotowej problematyki oraz zaprezentowano ogólny porządek całości i zarys tematyczny poszczególnych rozdziałów.

W rozdziale II przedstawiono teoretyczne podstawy rozwiązywania zagadnienia odwrotnego przez przybliżenie numeryczne relacji odwrotnej za pomocą sztucznej sieci neuronowej. Przedstawiono algorytm metody i schemat obliczeń. Obszerniej niż w kolejnych rozdziałach opisano tu sztuczne sieci neuronowe na przykładzie rozwiązania symbolicznego – zagadnienia belki na sprężystym, dwustronnym podłożu Winklera – oraz powiązane z nim zagadnienie odwrotne identyfikacji sztywności belki i podłoża, w którym występuje skok sztywności. Scharakteryzowano zalety i wady zastosowanej metody, podkreślając jej inżynierski charakter i fakt, że do jej użycia nie są potrzebne specjalne programy oprócz typowych narzędzi modelowania numerycznego zagadnień inżynierskich i symulatora sieci neuronowych. Stwierdzono, że w zastosowaniu do interpretacji wyników testu FWD, jeśli przedmiotem zainteresowania jest tylko sztywność efektywna nawierzchni i sztywność Winklera gruntu (a nie parametry warstw nawierzchni), prostota obliczeniowa zadania identyfikacji nie ma sobie równych. Wykazano, że model teoretyczny nawierzchni na podłożu sprężystym Winklera nie nadaje się do oceny parametrów mechanicznych warstw nawierzchni lub podłoża uwarstwionego.

W rozdziale III zaprezentowano dwie metody identyfikacji parametrów materiałowych numerycznego modelu nawierzchni wielowarstwowej, polegające na rozwiązaniu zadania odwrotnego przy wykorzystaniu informacji o znanych, pomierzonych ugięciach na powierzchni terenu. W obu algorytmach wykorzystano jednokierunkowe sztuczne sieci neuronowe (SSN). W metodzie pierwszej SSN posłużyła jako bezpośredni aproksymator zależności odwrotnej, tj. zależności ugięcie powierzchni–parametry podłoża. W drugiej metodzie SSN wykorzystano jako aproksymator relacji wprost, tj. parametry podłoża–ugięcie powierzchni, a następnie zastosowano klasyczną procedurę optymalizacji w celu wyznaczenia parametrów przy znajomości pomierzonych ugięć. Podłoże warstwowe modelowano za pomocą metody elementów skończonych (MES) jako ciągle, sprężyste i przy założeniu płaskiego stanu odkształcenia. W celu zgromadzenia danych do wytrenowania SSN przeprowadzono szereg symulacji

numerycznych dla układu warstw charakterystycznego dla nawierzchni lotniskowej, przy zmiennych wartościach modułów odkształcenia warstw oraz przy stałym obciążeniu statycznym, rejestrując za każdym razem pionowe przemieszczenia w kilku określonych punktach na powierzchni. Dane testowe (pomierzone) również zostały uzyskane w wyniku symulacji numerycznej. Obie metody generują bardzo dobre rezultaty identyfikacji modułu odkształcenia warstwy podłoża gruntowego, tj. warstwy najniższej o największej odkształcalności oraz znacznie słabsze wyniki identyfikacji dla warstw nawierzchni. Na niejednoznaczność zadania odwrotnego wskazują duże rozbieżności w wyznaczonych parametrach widoczne szczególnie przy wykorzystaniu drugiej metody identyfikacji z jednoczesnym bardzo dobrym dopasowaniem przewidywanych i pomierzonych ugięć nawierzchni. Wniosek ten może wyjaśniać obserwowane przez wielu autorów trudności w interpretacji wyników testu ugięciomierzem dynamicznym (ang. Falling Weight Deflectometer – FWD), które to badanie było pierwotną inspiracją do przeprowadzenia analiz zamieszczonych w tym rozdziale.

Rozdział IV to przykład identyfikacji parametrów układu belka–grunt dla modelu dwuparametrowego Pasternaka oraz dla modelu dwubelkowego, który wpisuje się w nurt klasycznego definiowania interakcji grunt–budowla, jednak, jak się wydaje, nie jest tożsamy z żadnym ze znanych modeli tego typu. Stwierdzono, że parametry modelu Pasternaka oraz sztywność efektywna belki (płyty) mogą być wyznaczone z dużą dokładnością na podstawie prostego doświadczenia typu FWD. Parametry modelu Pasternaka można zatem z łatwością obliczyć na podstawie doświadczenia *in situ*, nie uciekając się do spekulatywnych w swym charakterze wzorów teoretycznych. W drugiej części rozdziału zaproponowano model o budowie elementarnej, nazwany *modelem dwubelkowym*, w którym szczególne założenie o wartości sztywności pionowej drugiej warstwy pozwala na identyfikację sztywności obu warstw nawierzchni, gdy pracują one niezależnie, bez naprężeń ścinających na styku warstw.

W rozdziale V przedstawiono próbę identyfikacji położenia źródła skażenia gruntu i jego intensywności za pomocą aproksymacji odwrotnej przez sztuczną sieć neuronową. Rozdział ten jest przykładem zastosowania tej metody w geotechnice środowiska. Przeprowadzone eksperymenty numeryczne pokazały, że można wytrenować sztuczną sieć neuronową tak, by odpowiadając na wprowadzone na wejściu, pomierzone w piezometrach wartości skażeń wskazała intensywność skażenia początkowego i położenie źródła skażenia. Potwierdzono również użyteczność wytrenowanej sieci do testowania realnej wodoprzepuszczalności biernej bariery przeciwfiltracyjnej. Jedynie rozwiązanie problemu identyfikacji położenia źródła skażenia było stosunkowo trudne i wymagało niestandardowych operacji na zbiorze danych uczących. Dalsza analiza pozwoli odpowiedzieć na pytanie, jak rozmieścić piezometry, aby informacja o mapie stężeń była bardziej reprezentatywna dla realnej sytuacji, oraz jakie są ograniczenia czasowe dla możliwości ustalenia źródła skażenia.

Rozdział VI podejmuje tematykę modelu Winklera. Staranna analiza przeprowadzona metodą elementów skończonych pozwala zrozumieć, że problem ustalenia sztywności Winklera nie jest zagadnieniem trywialnym. Rozważania poprowadzono w kontekście ważnego zagadnienia praktycznego – budynku o zredukowanym zapotrzebowaniu na energię ciepłą posadowionego na płycie i warstwie izolacyjnej o znacznej grubości. Analiza posadowienia na płycie fundamentowej jako zagadnienia dwuwymiarowego wymaga uprzedniego uśrednienia własności podłoża wzdłuż wymiaru związanego z głębokością, co wiąże się z koniecznością całkowania naprężeń i odkształceń w gruncie. Rozkłady naprężeń i odkształceń w gruncie zależą nie tylko od parametrów podłoża, ale także od indywidualnych cech projektowanego obiektu (sztywności, gabarytów, charakteru obciążeń). W konsekwencji rozkład podatności podłoża $\alpha(x, y)$ pod płytą ma również charakter indywidualny. Co do zasady jednak współczynnik ten przyjmuje wartości większe w pobliżu krawędzi płyty, zaś mniejsze wewnątrz płyty – różnice mogą być kilkukrotne, zależnie od warunków pracy płyty. Ważnym wnioskiem jest, że wartość średnia współczynnika rozkładu podatności α^{sr} może zostać wiarygodnie oszacowana przy znajomości jedynie uogólnionych gabarytów płyty fundamentowej i może być rozumiana jako odwrotność koniecznej głębokości całkowania H (zasięg strefy aktywnej). Z punktu widzenia statyki płyty obliczanej jako element sprężysty istotne są rozkłady podatności (czyli proporcje współczynników przyjętych pod poszczególnymi fragmentami płyty). Same wartości współczynników są niezbędne tylko, jeśli konieczne jest ustalenie osiadań.

Rozdział VII przedstawia rozwiązanie problemu konstrukcyjnego obiektu mostowego o ustroju nośnym sprężonym kablami zewnętrznymi poza pomostem (potocznie zwane *extradosed*). Przy rozpiętościach przęseł w zakresie 100–200 m oraz przy zachowaniu określonych warunków mosty takie mogą stanowić optymalne rozwiązanie pod względem zarówno kosztów budowy, jak i utrzymania. Przeanalizowano ustrój nośny podczas realizacji robót budowlanych oraz ustalono rzeczywiste wartości sił normalnych działających na podpory tymczasowe w przypadku mostów budowanych metodą nawisową. Analizę wykonano dla konkretnego obiektu mostowego realizowanego metodą wspornikową, porównując: (1) przemieszczenia ustroju nośnego obliczone na bazie modelu numerycznego z faktycznymi przemieszczeniami pomierzonymi geodezyjnie, (2) teoretyczne siły normalne w podporach tymczasowych z rzeczywistymi wartościami monitorowanymi za pomocą tensometrów w czasie rzeczywistym w trakcie budowy.

Rozdział VIII przedstawia optymalizację parametrów przepuszczalnej bariery remediacyjnej (PRB) zbudowanej z węgla aktywnego w obszarze zanieczyszczonej warstwy wodonośnej. Projekt oparty na symulacji ma na celu określić za pomocą procedury iteracyjnej optymalne wymiary geometryczne bariery, zapewniające zachowanie limitów stężenia skażenia. Wykorzystany do tego ustalenia kod służy do opisu ruchu wody w warstwie wodonośnej, transportu

zanieczyszczeń oraz zjawisk adsorpcji występujących wewnątrz bariery. Dla zdefiniowania pozycji i wymiarów przegrody reaktywnej, a także mając na uwadze minimalizację kosztów jej wykonania (proporcjonalnych do objętości bariery) wykorzystano optymalizację dyskretną opartą na algorytmach heurystycznych. Zastosowano barierę typu Funnel-and-Gate [9]. Jako proces oczyszczania wód podziemnych zachodzący w barierze zastosowano adsorpcję na węglu aktywnym.

Rozdział IX przedstawia zastosowanie bardzo rzadko używanej sieci neuronowej typu Interactive Activation and Competition (IAC) do stworzenia „inteligentnej” bazy danych o ciekach wodnych występujących na obszarze Łodzi. Przedmiotowe było wykorzystanie do opisu rzeki Olechówki brytyjskiej metody River Habitat Survey (RHS) przydatnej w ocenie fizycznego charakteru rzek i przemian antropogenicznych środowiska. Opis rzek (w tym rzek miejskich) metodą RHS jest zgodny z wymaganiami służącymi realizacji procedur RDW, m.in. do określenia warunków referencyjnych rzeki, planowania elementarnych działań zarządzania zlewnią, w tym związanych z ochroną przeciwpowodziową i renaturyzacją rzek. Stan hydromorfologiczny rzek zależy od liczebności elementów naturalnych i antropogenicznych oraz od proporcji między nimi. Następnie stowarzyszono z opisem RHS rzeki Olechówki sztuczną sieć neuronową typu Interactive Activation and Competition (IAC), żeby metodą pseudointeligentnej analizy zweryfikować zawarte w nim dane. Sieci IAC mają ważne właściwości, użyteczne w dziedzinie przetwarzania informacji. Są to między innymi wyszukiwanie przez kontekst, przypisywanie prawdopodobnej wartości danej, jeśli brakuje jej wśród danych wpisanych do Bazy Danych oraz spontaniczna generalizacja (uogólnienie) na bazie podobnych przypadków.

Zastosowanie sztucznych sieci neuronowych o odpowiedniej budowie pozwala na zapisanie danych o sieci hydrologicznej i jej przemianach antropogenicznych tak, że możliwe jest automatyczne wykrywanie zależności pomiędzy elementami tych opisów i wnioskowanie z nich o prawidłowościach i nieprawidłowościach procesów zachodzących w obserwowanym środowisku.

Słowa kluczowe:

zagadnienie odwrotne, metoda elementów skończonych, metoda różnic skończonych, sztuczne sieci neuronowe, sieć IAC, Test FWD, Falling Weight Deflectometer, bariery przeciwfiltracyjne, skażenie wód gruntowych, River Habitat Survey, inteligentna baza danych, model Winklera, model dwuparametrowy, model Pasternaka, fundament płytowy, oddziaływanie grunt-budowla

ABSTRACT

The monograph contains an overview of current research works of members of the Department of Geotechnics and Engineering Structures at the Lodz University of Technology.

A collective thematic element for all chapters is the use of numerical methods in soil mechanics, geotechnics and environmental geotechnics, in particular, numerical methods involving artificial neural networks (ANNs). An important topic of this monograph is also an inverse problem related to the identification of parameters of pavement and subsoil models, and to the problems of the flow of groundwater contaminated with chemical substances. The introductory chapter explains the selection of these issues and presents the organisation of the monograph.

The second chapter, entitled: "Solving an inverse problem using artificial neural networks", presents theoretical foundations of solving an inverse problem by numerical approximation of the inverse relationships using an artificial neural network. The algorithm of the method and the scheme of calculations are presented along with the basics on artificial neural networks. As an illustrative example, a symbolic solution to the problem of a beam on an elastic, bilinear Winkler foundation has been chosen. Related inverse problems of identifying stiffness of the beam and Winkler coefficient with the ground in which the stiffness jump occurs are solved. Advantages and disadvantages of the applied method are characterised, emphasising its engineering nature and the fact that no special programs are needed for its use, apart from typical numerical modelling tools for engineering problems and a neural network simulator. It was found that in the case of the interpretation of the FWD test results, if we are only interested in the effective stiffness of the pavement and the Winkler stiffness of the homogeneous subgrade, the computational simplicity of the identification task is unrivalled. It has also been shown that the theoretical model of the pavement on the Winkler elastic subgrade is completely unsuitable for the stratified soil.

In the third chapter, entitled "Joint application of the finite element method and the artificial neural network in the interpretation of the FWD test", a solution to an inverse problem was presented using a similar technique as in the first chapter. The only difference is that this time the "direct" problem concerns a layered pavement resting on a stratified subgrade and is solved by the Finite Element Method. The Authors compare three different systems of layered pavements typical for airport's runways. The deflection of the pavement at nine points was determined by FEM simulation of static, elastic plane strains problem. Deflections determined this way were treated as the result of the measurement of deflections obtained from the Falling Weight Deflectometer Test. An inverse analysis for mechanical parameters of the layers was carried out using Artificial Neural Networks. The deflection values were taken as a known network inputs, while the Young's Moduli of the layers are the network outputs. It was found that

the identification of Young's Moduli is not unequivocal. In simple terms, it means that a given pavement surface deflection can be caused by more than one set of stiffness moduli. It should be noted that the set of patterns for network training was not very large, so one can build models of pavement basing rather on true laboratory measurements of material stiffness than on the theoretical considerations.

The fourth chapter, entitled "Identification of mechanical parameters of pavement and soil for classical models of soil-structure interaction" is an example of the identification of parameters of the beam-soil system for the two-parameter Pasternak's model and for the two-beam model. The last one, being constructed according to the classical approach is not the same as any of the known models of this type. It was found that the parameters of the Pasternak's model and the effective stiffness of the beam (plate) can be determined with high accuracy on the basis of a simple FWD experiment. The parameters of Pasternak's model can therefore be easily calculated on the basis of an in situ experiment, without resorting to speculative theoretical formulas. In the second part of this work, a model of an elementary structure was proposed, called the double-beam model, in which the specific assumption of the vertical stiffness of the second layer allows for identification of the stiffness of both pavement layers (as long as they work independently, without shear stresses at the interface of the layers).

In the fifth chapter, entitled "Determining the location and intensity of the ground contamination source as an inverse problem solved with the use of an artificial neural network", an attempt to identify the location of the soil contamination source and its intensity by means of inverse approximation by an artificial neural network was made. This chapter is an example of the application of this method in environmental geotechnics. The conducted numerical experiments showed that it is possible to train the artificial neural network in such a way that, by responding to the input values of contamination measured in piezometers, it indicates the intensity of the initial contamination and the location of the contamination source. The usefulness of the trained network for testing the real water permeability of the passive cut-off barrier was also confirmed. The only solution to the problem was the identification of the contamination source location. The discussed identification was relatively difficult and required non-standard operations on the training data set. Further analysis will answer the question of how to place piezometers so that the information about the concentration map is more representative to the real situation and what are the time limits for determining the source of contamination.

The next, sixth chapter, entitled "Slab Foundation – determination of subsoil stiffness coefficients" takes up the subject of the Winkler model. A careful analysis of this oldest model of soil-structure interaction using the Finite Element Method shows that the problem of determining Winkler's stiffness is not a trivial one. The considerations are carried out in the context of an important practical issue: slab foundation in a building with a reduced demand for thermal energy.

This requirement implies the presence of an insulating layer of considerable thickness and low mechanical stiffness under the slab. Estimation of Winkler coefficients for this kind of foundation assumes an averaging of stress and strain along the depth. Unfortunately, the distribution of stresses and deformations in soil depends not only on the parameters of the substrate, but also on the individual characteristics of the designed object (stiffness, dimensions, nature of loads). Consequently, the distribution of the subsoil's compliance $\alpha(x, y)$ under the slab is also individual. As a rule, however, this coefficient is greater near the edge of the panel and smaller inside the panel – the differences may be important, depending on the operating conditions of the panel. Author discovers that the average value of the compliance coefficient can be reliably estimated with the knowledge only of the generalized dimensions of the foundation slab and can be understood as the reciprocal of the necessary integration depth H (active zone range). From the point of view of the statics of the slab, calculated as an elastic element, only the compliance variations are important. The coefficient values are only necessary if settlements need to be established.

The seventh chapter, entitled "Analysis of the behaviour of the structural elements of the bridge during its construction", discusses a solution to the structural problem of a bridge with a load-bearing structure compressed with external cables outside the bridge (commonly known as extradosed). With spans in the range of 100–200 m and under certain conditions, such bridges are considered to be the most efficient solution in terms of both construction and maintenance costs. The analysis of the structure's behaviour during construction works is presented and the actual values of normal forces acting on temporary supports in the case of building the bridge by the use of the overhang method are determined. The analysis was performed for a specific bridge structure implemented with the cantilever method. The following values are compared:

- Displacements of the superstructure calculated on the basis of the numerical model with the actual displacements measured by geodetic survey,
- theoretical normal forces in temporary supports with their actual values monitored with real-time strain gauges during construction.

The eighth chapter, entitled "Optimization of the parameters of the reactive-protective barrier located at the landfill site" presents an attempt to a rational choice of some parameters of the permeable remediation barrier (PRB) constructed with activated carbon in the area of a contaminated aquifer. The simulation-based design aims to determine, through an iterative procedure, the optimal geometric dimensions and location of the barrier that will ensure preserving the contamination concentration limits. The commercial code used for this purpose provides a numerical solution for the movement of water in the aquifer, transport of pollutants and adsorption phenomena occurring inside the barrier. In order to define the position and dimensions of the reactive barrier, as well as to minimize the costs of its implementation (proportional to the volume of the barrier), discrete optimization based on heuristic algorithms is used.

A Funnel-and-Gate barrier type is chosen for analysis. Activated carbon adsorption is assumed as the groundwater purification process taking place in the barrier.

The ninth chapter, entitled "Application of neural networks to a hydro-morphological description of the Olechówka river", presents an application of a very rarely used Interactive Activation and Competition (IAC) neural network to create an "intelligent" database containing data from a formalised survey of watercourses occurring in the area of Łódź. The formal method called British River Habitat Survey (RHS) is used to describe the Olechówka river. This method is designed to assess the physical nature of rivers and anthropogenic changes in their environment. The description of rivers (including urban rivers) using the RHS method complies with the requirements of the river-planning activities that constitute elements of the catchment area management, including those related to flood protection and river restoration. The hydro-morphological state of rivers depends on the number of natural and anthropogenic elements and their mutual proportions. In the next stage, an artificial neural network of the Interactive Activation and Competition (IAC) type is associated with the RHS description of the Olechówka river, which allows for a pseudo-intelligent analysis of its content. IAC networks have important properties that make them interesting for information processing applications. These are, among others:

- search by context
- assigning a probable value to the data if it is missing from the data entered in the database
- case based spontaneous generalisation.

The use of the artificial neural networks of an appropriate structure allows to record data on the hydrological network and its anthropogenic changes in such way that it is possible to automatically detect the relationships among the elements of this description.

Keywords:

inverse problem, finite element method, finite difference method, artificial neural networks, IAC network, FWD test, Falling Weight Deflectometer, Anti-filtration barriers, groundwater contamination, River Habitat Survey intelligent database, Winkler's model, two-parameter model, Pasternak's model, slab foundation, soil-structure interaction