

Andrzej ŚWIDERSKI

Wojskowa Akademia Techniczna
Wydział Mechaniczny
Zakład Systemów Jakości i Zarządzania
02-010 Warszawa, ul. Nowowiejska 26
aswiderski@wat.edu.pl

NEURONOWE MODELOWANIE OCENY JAKOŚCI USŁUG TRANSPORTOWYCH

Streszczenie:

W artykule przedstawiono istotę jakości usług transportowych oraz metodę jej oceny z wykorzystaniem sztucznych sieci neuronowych. Opracowana metodologia oparta jest na wiedzy ekspertów dokonujących oceny oraz na teorii procesowego podejścia do jakości. Istotą wykorzystania sztucznych sieci neuronowych w ocenie jakości usług transportowych jest poszukiwanie modelu matematycznego dla eksperckich danych wejściowych i wyjściowych uzyskanych z rzeczywistych procesów certyfikacji.

Słowa kluczowe: usługa transportowa, jakość, ocena jakości, sztuczna sieć neuronowa

WPROWADZENIE

Zainteresowanie zagadnieniem oceny jakości w przedsiębiorstwach transportowych rośnie w ostatnich latach bardzo dynamicznie. Firmy, które dostrzegają tę problematykę, posiadają w swoich metodach działania rozwinięte mające wpływ na realizację usługi transportowej elementy planowania, realizowania i monitorowania procesów w ramach funkcjonujących systemów zarządzania jakością. Do rozwoju tych zagadnień w dużym stopniu przyczynia się nauka, opracowując coraz to nowsze metody oceny jakości. Problem dotyczy nie tylko firm usługowych, ale również produkcyjnych. Dostrzegany jest coraz mocniej również w przedsiębiorstwach transportowych.

System zarządzania jakością jest zbiorem wzajemnie powiązanych lub wzajemnie oddziałujących elementów [17]. W rozważaniach przyjęto, że elementy te powinny być zidentyfikowane w postaci procesów [18]. Proces zdefiniowano, jako układ działań wzajemnie powiązanych lub wzajemnie oddziałujących, które przekształcają wejścia w wyjścia [17]. Takie podejście do oceny jakości wykorzystano w artykule.

Ocena jakości usług transportowych obejmuje działania niezbędne do dostarczenia klientowi obiektywnych dowodów, że będą spełnione jego wymagania odnoszące się do jakości i dotyczące głównie czasu, miejsca przewozu, jakości środków transportu, przewożonych ładunków i zadowolenia pasażerów (w przypadku transportu pasażerskiego).

Prezentowane zagadnienie oceny jakości usług transportowych dotyczy obszarów, w których pojawiają się zagadnienia odwzorowania różnych złożonych, nieliniowych zależności pomiędzy pewnymi sygnałami wejściowymi a wybranymi sygnałami wyjściowymi. Modelowanie oceny jakości charakteryzuje się koniecznością rozwiązywania problemów, które wymagają doświadczenia ekspertów, nabytego przez wieloletnią działalność w obszarze jakości. Z tego powodu dużo uwagi poświęcono wykorzystaniu sztucznych sieci neuronowych, a więc modeli, które bez trudu mogą odwzorować zależności

nieliniowe. Jednym z rodzajów modelowania matematycznego, omawianego w artykule, jest zatem modelowanie neuronowe. W metodologii modelowania neuronowego wykorzystano modelowanie procesowe, stosowane w teorii jakości, wynikające z wymagań [18], jako rodzaj modelowania opisowego.

1. ISTOTA JAKOŚCI USŁUG TRANSPORTOWYCH

Jakość usługi, to wychodzenie naprzeciw wymaganiom klienta przez podmioty prowadzące działalność usługową. Jest to więc stopień, w jakim ogół nieodłącznych właściwości usługi spełnia wymagania klienta [7]. Z definicji tej wynika, że klient może decydować, czy i w jakim zakresie usługa odpowiada jego oczekiwaniom i zaspokaja jego potrzeby. Jakość może być więc rozumiana jako suma cech, decydujących o jej zdolności do zaspokojenia określonych potrzeb.

Zgodnie z [16], jakość może być m.in. określana jako:

- związek pomiędzy tym, co konsumenci dostają, a tym, co chcieliby otrzymywać,
- stopień, w jakim dany produkt odpowiada wzorowi lub specyfikacji,
- stwierdzenie, kiedy życzenia klientów są spełniane przy minimalnym koszcie produkcji,
- stopień doskonałości przy możliwej do przyjęcia cenie i jej uzyskanie przy możliwych do przyjęcia kosztach,
- pomiary, dzięki którym sporządzić można charakterystykę podstawowych cech produktu, procedury lub usług oraz obiektywnie stwierdzić, czy te cechy spełniają stawiane im oczekiwania,
- stopień, w jakim wszystkie cechy produktu/usług spełniają wymagania użytkowników.

W odniesieniu do usługi transportowej możemy wyróżnić trzy kategorie jakości [3, 6]:

- jakość postulowaną przez klientów, która określa ich żądania i życzenia dotyczące sposobu realizacji usługi transportowej,
- jakość oferowaną przez przewoźników, którą cechuje projektowana jakość, możliwa do realizacji przy aktualnym zasobie wiedzy, techniki i organizacji,
- jakość realizowaną przez usługodawców transportu, która jest zrealizowaną usługą transportową o jakości najczęściej gorszej od wymaganej i oferowanej.

Jakość usług transportowych określają postulaty, związane z takimi charakterystykami, jak np.: masowość, szybkość podróży, częstotliwość przewozów, punktualność, regularność przewozów, rytmiczność przewozów, niezawodność, dostępność, bezpieczeństwo, koszt. Wymienione postulaty nie wyczerpują możliwego do zastosowania w ocenie jakości usług transportowych arsenału postulatów opisywanych m.in. w pracach [3, 4, 5, 9, 11].

Pomimo dużej różnorodności sformułowań odnoszących się do jakości, zawsze przewija się zasadnicza myśl, że jakość oznacza spełnienie wymagań klientów usług transportowych. W odniesieniu do usługi jakość, to nic innego, jak wychodzenie naprzeciw wymaganiom klienta przez podmioty prowadzące działalność usługową. Jest to więc stopień, w jakim ogół nierozłącznych właściwości usługi spełnia wymagania klienta.

Podsumowując powyższe rozważania, należy stwierdzić, że w odniesieniu do usług transportowych, ocena dokonywana przez klientów jest ostateczną miarą jakości świadczonych usług.

2. ASPEKTY NEURONOWEGO MODELOWANIA OCENY JAKOŚCI USŁUG TRANSPORTOWYCH

Metodologia neuronowego modelowania usług transportowych oparta jest na wiedzy eksperckiej i teorii procesowego podejścia do jakości [17]. Proces rozumiany jest jako układ powiązanych ze sobą czynności (operacji), których celem jest zrealizowanie określonego fragmentu przedsięwzięcia [2]. Jest zatem sekwencją elementarnych zmian stanu fragmentu rzeczywistości zachodzących w czasie lub przebieg następujących po sobie powiązanych przyczynowo określonych zmian, stanowiących stadia, fazy, etapy rozwoju czegoś [1]. Dla potrzeb niniejszych rozważań przyjęto, że proces jest zbiorem działań wzajemnie powiązanych lub wzajemnie oddziałujących, które przekształcają wejścia w wyjścia [17].

Do procesów, które kreują cząstkowe oceny jakości usług transportowych należą:

- ω_1 - funkcje kierownictwa przedsiębiorstwa,
- ω_2 - zarządzanie konfiguracją,
- ω_3 - planowanie usług transportowych,
- ω_4 - proces związany ze zleceniodawcą usługi transportowej,
- ω_5 - magazynowanie,
- ω_6 - zakupy,
- ω_7 - nadzór nad infrastrukturą i środowiskiem pracy,
- ω_8 - zarządzanie personelem,
- ω_9 - zarządzanie procesami pomiarowymi i wyposażeniem pomiarowym,
- ω_{10} - nadzór nad dokumentami i zapisami,
- ω_{11} - audyty wewnętrzne,
- ω_{12} - działania korygujące i zapobiegawcze,
- ω_{13} - postępowanie z usługą transportową niezgodną z wymaganiami.

Ocena jakości usług transportowych $\Omega(t)$ jest zatem funkcją ocen jakości poszczególnych procesów. Można zapisać to w postaci formuły (1):

$$\Omega(t) = f(\omega_1(t), \omega_2(t), \dots, \omega_k(t)) \quad (1)$$

gdzie:

- $\Omega(t)$ - ocena jakości usługi transportowej dokonana w czasie t ,
- $\omega_k(t)$ - ocena jakości k -tego procesu dokonana w czasie t ,
- ω_k - k -ty proces realizacji usługi transportowej.

Dokonanie eksperckiej sparametryzowanej oceny procesów mających wpływ na jakość usług transportowych, zgodnie z przyjętymi kryteriami, umożliwiło zebranie danych do zbudowania modeli matematycznych, wykorzystujących sztuczne sieci neuronowe do oceny jakości usług transportowych i wspomaganie podejmowania decyzji.

Istotą modelowania neuronowego oceny jakości usług transportowych jest poszukiwanie modelu matematycznego oceny dla eksperckich danych wejściowych i wyjściowych z rzeczywistych procesów certyfikacji.

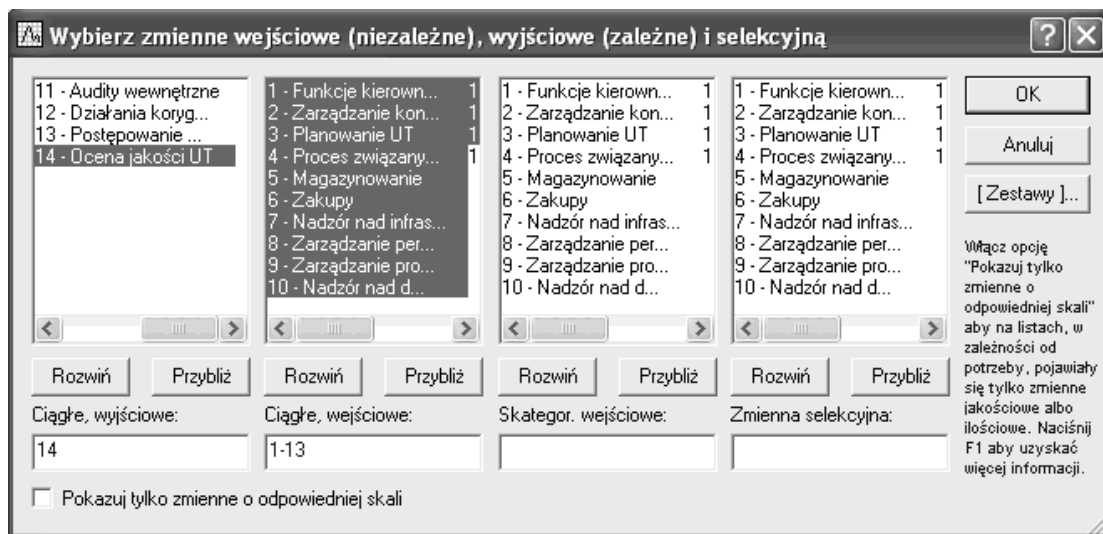
Do modelowania wykorzystano rzeczywiste dane z auditów przeprowadzonych akredytowaną jednostką certyfikującą (Zakład Systemów Jakości i Zarządzania Wojskowej Akademii Technicznej) w procesach certyfikacji (tablica 1).

Tablica 1. Przykładowe dane do uczenia sieci neuronowej

2 Zarządzanie konfiguracją	3 Planowanie UT	4 Proces związany ze zleceniodawcą UT	5 Magazynowanie	6 Zakupy	7 Nadzór nad infrastrukturą i środowiskiem pracy	8 Zarządzanie personelem	9 Zarządzanie procesami pomiarowymi i wyposażeniem pomiarowym	10 Nadzór nad dokumentami i zapisami
0,75	1	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
1	1	1	1	1	0,25	0,75	0,75	0,25
1	1	1	0,75	1	1	0,75	1	0,75
1	1	0,75	0,75	1	0	0,75	0,5	0,5
0,75	1	1	1	0,75	0,75	0,75	1	0,75
0,25	1	0,75	1	1	1	0,75	0,75	0,75
1	1	1	1	1	1	1	1	0,75
1	1	1	0,75	1	1	1	1	0,75
1	1	1	1	1	0,25	1	0,25	0,75
1	1	1	0,75	0,75	1	1	1	0,75
1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	0,25	1	0,75	1	1	1
1	1	1	0,5	1	0,75	1	1	0,75
0,25	1	0,75	1	1	0,5	0,75	0	0
0,75	0,75	0,75	0,75	1	0	0,75	0,25	0
1	1	0,75	1	1	1	0,75	1	0,75
1	1	0,75	0,75	1	0,75	0,75	0,75	0,25
1	0,5	1	1	1	1	1	0,5	0,5
0,75	1	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
1	1	1	1	1	0,25	0,75	0,75	0,25
1	1	1	0,75	1	1	0,75	1	0,75
1	1	0,75	0,75	1	0	0,75	0,5	0,5
1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1

Źródło: opracowanie własne.

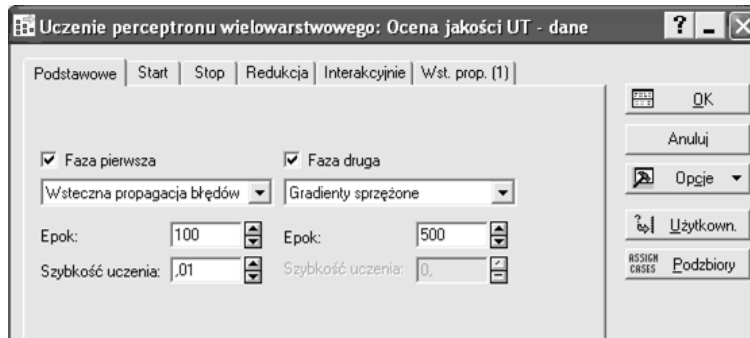
W kolumnach tablicy 1. zawarto oceny cząstkowe $\omega_k(t)$ poszczególnych procesów ω_k , W wierszach natomiast, przedstawiono przykładowe oceny eksperckie z auditów przeprowadzonych w różnych przedsiębiorstwach transportowych. Od jakości danych zależy powodzenie postawionego zadania (stworzenie modelu neuronowego oceny jakości usług transportowych, odzwierciedlającego rzeczywiste oceny dokonane przez ekspertów). Zebrane dane pozwalają na rozpoczęcie poszukiwań najlepszej wielowarstwowej struktury sieci neuronowej, przy pomocy programu komputerowego. Zestawione dane umożliwiają już właściwe zaprojektowanie sztucznej sieci neuronowej (rys. 1).



Rys. 1. Wybór danych do uczenia sieci neuronowej

Źródło: opracowanie własne

Do modelowania oceny jakości usług transportowych wykorzystano oprogramowanie komputerowe STATISTICA 7.1. Program ten wykorzystuje algorytm uczenia sieci neuronowej momentowej metody wstecznej propagacji błędu [8, 15], jak również inne metody, jak np.: gradienty sprzężone, Levenberg-Marquardta, Quasi-Newtona (rys. 2).



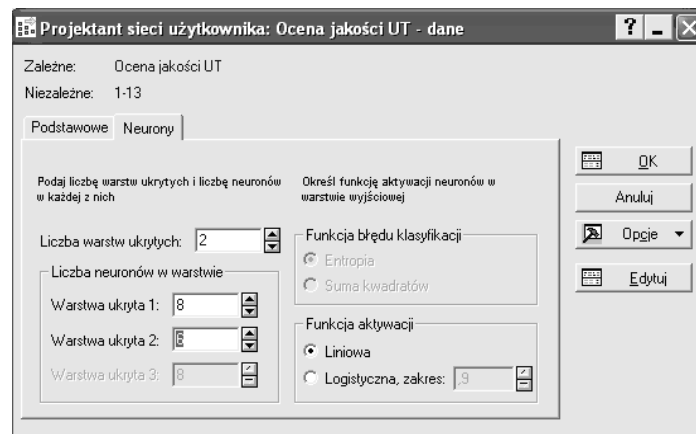
Rys. 2. Wybór metody uczenia sieci neuronowej i innych jej parametrów

Źródło: opracowanie własne.

Uczenie sieci neuronowych przeprowadzono dwoma sposobami [8, 15]:

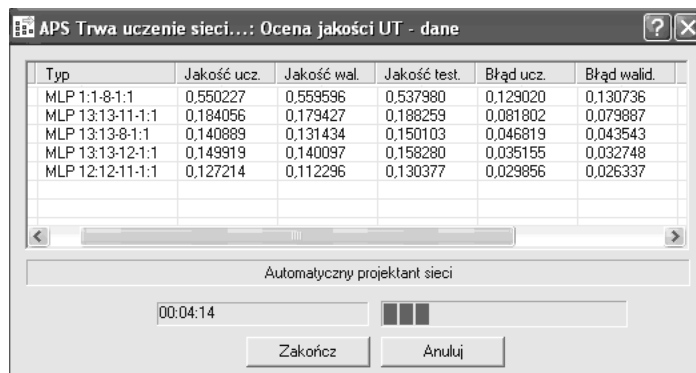
- z wykorzystaniem „projektanta sieci neuronowej” („z nauczycielem”) - rys. 3,
- z wykorzystaniem „automatycznego projektanta” („bez nauczyciela”) - rys. 4.

Podczas uczenia przyjmowano różne jej struktury (liczby warstw ukrytych i liczby neuronów w tych warstwach, liczby epok oraz metody uczenia) – rys. 3.



Rys. 3. Określanie struktury sieci neuronowej

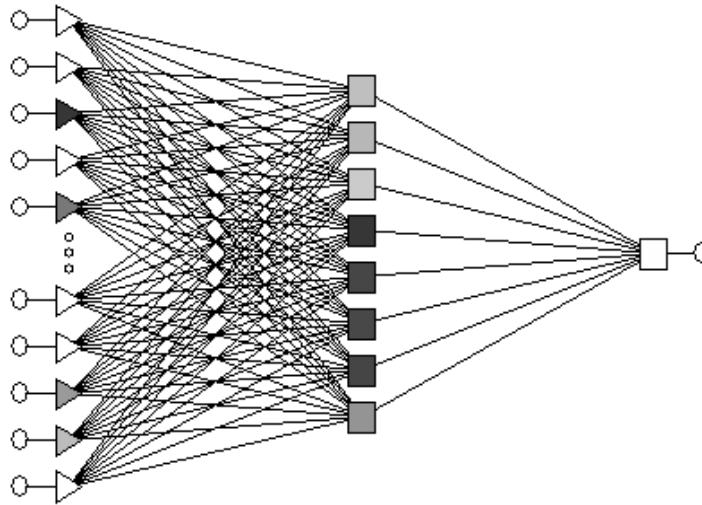
Źródło: opracowanie własne.



Rys. 4. Uczenie sieci neuronowych z wykorzystaniem „automatycznego projektanta”

Źródło: opracowanie własne

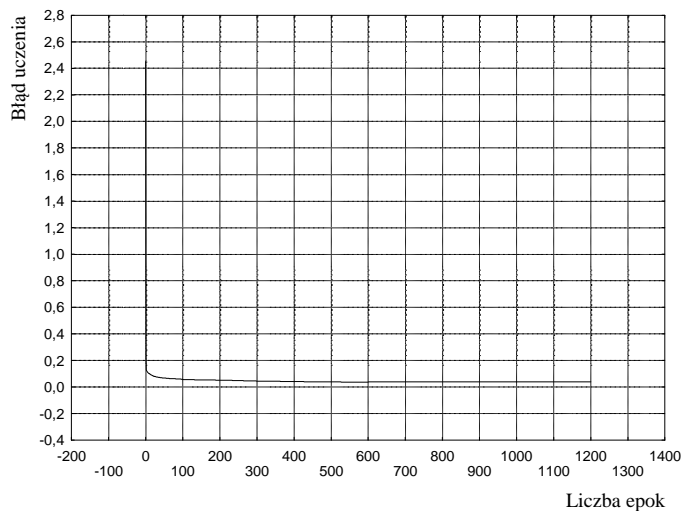
Badanie potwierdziły, że do wyznaczenia modeli matematycznych oceny jakości usług transportowych wystarczające są sieci jednokierunkowe i wielowarstwowe. Wykorzystaną przykładową sieć jednokierunkową (perceptron wielowarstwowy) zobrazowano na rys. 5.



Rys. 5. Struktura wybranej sieci neuronowej

Źródło: opracowanie własne

O pozytywnym wyniku uczenia sieci neuronowej świadczy m.in. wykres uczenia (rys. 6).

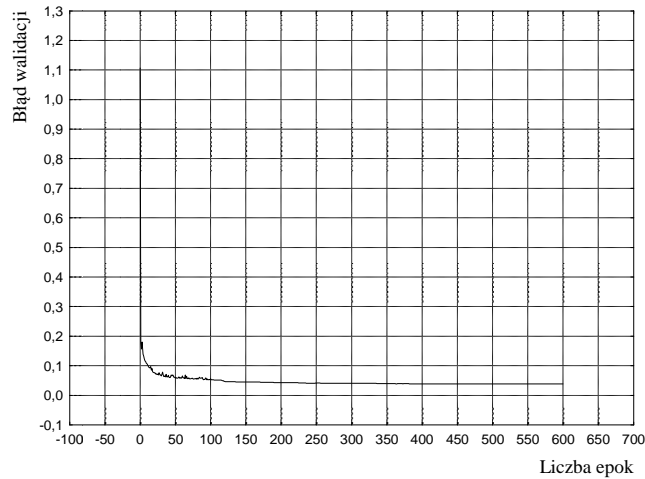


Rys. 6. Wykres uczenia wybranej sieci neuronowej

Źródło: opracowanie własne.

Nauczone SSN poddano walidacji. Istota walidacji SSN sprowadzała się do określenia wartości sygnałów wejściowych i wyjściowych, które nie zostały wykorzystane do zbudowania modelu. Do walidacji sieci wykorzystano zatem dane z 20% eksperckich ocen w przedsiębiorstwach transportowych, które nie były brane pod uwagę w trakcie uczenia sieci.

Podobnie jak przy uczeniu, o jakości walidacji świadczy m. in. wykres walidacji (rys. 7).



Rys. 7. Wykres walidacji wybranej wyżej sieci neuronowej

Źródło: opracowanie własne

Do dalszego wykorzystania sieci neuronowej, jako narzędzie do podejmowania decyzji podczas oceny usług transportowych, wybrano te sieci, które charakteryzowały się najlepszymi parametrami. Zastosowany program komputerowy umożliwił automatyczny wybór najlepszych sieci (rys. 8).

Typ	Błąd ucz.	Błąd walid.	Błąd test.	Wejść	Ukryta(1)
MLP 13:13-12-1:1	0,034405	0,032184	0,036497	13	12
MLP 13:13-12-1:1	0,034469	0,031641	0,037224	13	12
MLP 13:13-10-1:1	0,032602	0,031009	0,034112	13	10
MLP 13:13-13-1:1	0,031491	0,030451	0,035960	13	13
MLP 13:13-12-1:1	0,033050	0,030441	0,034786	13	12
MLP 13:13-9-1:1	0,032152	0,029968	0,036834	13	9
MLP 13:13-11-1:1	0,030606	0,028677	0,035663	13	11
MLP 13:13-12-1:1	0,031265	0,028644	0,034230	13	12
MLP 12:12-11-1:1	0,029856	0,026337	0,031300	12	11
MLP 13:13-12-1:1	0,029394	0,026036	0,030989	13	12

Wybierając kolejne modele można podać zakres indeksów; np. 2-4 oznacza model 2, 3 i 4. Wszystkie modele wybieramy wpisując *.

Rys. 7. Parametry wybranych najlepszych sieci neuronowych

Źródło: opracowanie własne

3. PODSUMOWANIE

Przeprowadzone badania [12, 13, 14] świadczą o możliwości praktycznego zastosowania zasad neuronowego modelowania oceny jakości usług transportowych w różnych obszarach. Do nich m.in. należą:

- ocena jakości procesów mających wpływ na realizację usługi transportowej,
- monitorowanie pracy auditorów (ekspertów) dokonujących oceny jakości,
- ocena jakości usługi przed podjęciem decyzji o jej realizacji (zleceniu).

Omówioną metodą można rozwiązywać też inne, podobne, nieporuszone w artykule zagadnienia, jak np.: planowanie jakości, zarządzanie ryzykiem, ocena skuteczności badań kontrolnych pojazdów [14]. Problemy te wymagają jednak odrębnego omówienia.

Niestety wadą przedstawionej metody jest konieczność dysponowania dużą liczbą rzeczywistych danych do zbudowania modelu neuronowego. Mogą one jednak pochodzić z procesów certyfikacji ale też z auditów wewnętrznych realizowanych w przedsiębiorstwach zgodnie z przyjętymi zasadami systemowymi oraz innych rzeczywistych ocen eksperckich.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Ambroziak T.: Modelowanie procesów technologicznych w transporcie, Prace Naukowe PW, TRANSPORT, z. 40, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1998.
- [2] Ambroziak T.: Metody i narzędzia harmonogramowania w transporcie, Wydawnictwo Instytutu Technologii Eksploatacji – PIB, Radom 2007.
- [3] Cieśla M.: Potrzeby i preferencje użytkowników transportu publicznego jako wskaźnik jakości usług transportowych, LOGISTYKA nr 6/2006, Poznań 2006, płyta CD.
- [4] Choon Tan K., Wisner J.D.: A Framework for Quality Improvement in the Transportation Industry, Quality Management Journal , 8(1), 2001, pp 9-22.
- [5] Grigoroudis E., Siskos Y.: A survey of customer satisfaction barometers: Some results from the transportation-communications sector, European Journal of Operational Research. Vol. 152, 2004, pp 334–353.
- [6] Hamrol A.: Zarządzanie jakością z przykładami, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2005.
- [7] Łańcucki J.: Podstawy kompleksowego zarządzania jakością TQM, Wyd. Akademia Ekonomiczna, Poznań 2001.
- [8] Nałęcz M.: Biocybernetyka i inżynieria biomedyczna. Sieci neuronowe, Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, T,6, Warszawa 2000.
- [9] Rudnicki A.: Jakość komunikacji miejskiej, Wydawnictwo Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Komunikacji, Kraków 1999.
- [10] Rutkowski L.: Metody i techniki sztucznej inteligencji, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2005.
- [11] Starowicz W.: Jakość przewozów w miejskim transporcie zbiorowym, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 2007.
- [12] Świdorski A.: Aspekty praktyczne zapewnienia jakości usług transportowych, Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Transport XXI w.”, Politechnika Warszawska, Komitet Transportu PAN, Stare Jabłonki 2007, s. 333-340.
- [13] Świdorski A.: Studies and quality assurance neural modelling of the technical transport means, Archive of Transport. Polish Academy of Sciences Committee of Transport, Volume 21, issue 3-4, Warsaw 2009, pp 177-188.
- [14] Świdorski A., Ślęzak M., Dębicka E.: Quality Management System Mathematical Modelling of the Vehicle Inspection Station. Zarządzanie jakością wybranych procesów (pod redakcją Jerzego Żuchowskiego), Politechnika Radomska, Polska Akademia Nauk, Radom 2010, s. 11-20.
- [15] Tadeusiewicz R.: Sieci neuronowe, Akademicka Oficyna Wydawnicza, Kraków 1993.
- [16] Vinck S., Mopin P., Molina J. M., Nost K., Als P.: Barometr jakości satysfakcji pasażerów, Biuletyn Komunikacji Miejskiej nr 40, Warszawa 1998, s. 50-79.
- [17] PN-EN ISO 9000:2006 Systemy zarządzania jakością. Podstawy i terminologia.
- [18] PN-EN ISO 9001:2009 Systemy zarządzania jakością. Wymagania.

NEURAL MODEL OF THE QUALITY ASSESSMENT OF TRANSPORT SERVICES

Abstract:

The article presents the essence of quality of the transport services and the method of its assessment with the use of an artificial neural networks. The methodology is based on the knowledge of assessment expert and on the theory of quality process approach. The idea of the use of an artificial neural networks in the assessment of quality of transport services is Winding a mathematical model for expert input and output from actual certification processes.

Keywords: transport service, quality, quality assessment, artificial neural network