

Piotr CZECH,<sup>1</sup> Krystian WILK,<sup>2</sup> Rafał ŁUKASIK<sup>3</sup>

## KONCEPCJA WYKORZYSTANIA SIECI NEURONOWYCH MLP W PROCESIE LIKWIDACJI SZKÓD KOMUNIKACYJNYCH

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono wyniki prób zastosowania sieci neuronowej typu MLP do określania stanu deformacji nadwozia pojazdu samochodowego, będącej skutkiem kolizji drogowej. Jako parametr badawczy przyjęto rozmiar szkody określony pracą deformacji nadwozia pojazdu poszkodowanego  $W_{def}$ . Dodatkowo sprawdzono przydatność sieci MLP do określenia rozmiaru szkody komunikacyjnej będącej skutkiem kolizji drogowej. Jako parametr badawczy przyjęto rozmiar szkody określony współczynnikiem zależnym od kosztu naprawy uszkodzonego pojazdu oraz jego wartości rynkowej. Elementy mechanizmu zdarzenia szkodowego determinujące rozmiar szkody stanowiły czynniki wewnętrzne układu, tj. cechy techniczne pojazdów, cechy osobnicze kierujących, wpływ czynników atmosferycznych oraz lokalizacji czasowo-przestrzennej zdarzenia. Badaniem objęto tysiąc przypadków zgłoszonych w celu likwidacji w śląskim oddziale jednego z zakładów ubezpieczeń. W przeprowadzonych badaniach sprawdzono również działanie sieci neuronowych dla ograniczonej liczby danych wejściowych.

## CONCEPT OF THE USE OF MLP NEURAL NETWORKS IN THE PROCESS OF TRAFFIC DAMAGE LIQUIDATION

**Summary.** In the article the attempt to use the MLP neural network to define the state of the motor-car body deformation as a result of road collision was presented. As the research parameter the size of damage of the car of the aggrieved party was assumed, defined by the work of the motor-car body deformation  $W_{def}$ . Additionally the usefulness of the MLP network to define the size of traffic damage being a result of a road collision was checked. As the research parameter the size of the damage was assumed, defined by the coefficient dependent on the cost of the damaged car repair and its market value. The elements of the mechanism of the damaging event determining the size of the damage were the interior factors of the system, that is, the technical features of the vehicles, the personal character features of the drivers, the influence of the weather conditions and the location of the event in time and space. The research was conducted on one thousand cases submitted to liquidate

---

<sup>1</sup> Katedra Budowy Pojazdów Samochodowych, Wydział Transportu, Politechnika Śląska

<sup>2</sup> Katedra Eksploatacji Pojazdów Samochodowych, Wydział Transportu, Politechnika Śląska

<sup>3</sup> Regionalne Centrum Serwisowe TU Compensa SA

in the Silesian branch of one of the insurance companies. In the conducted research the functioning of the neural network for limited amount of initial data was checked.

## 1. WPROWADZENIE

W ostatnich latach w Polsce odnotowano znaczny wzrost liczebności eksploatowanych środków transportu samochodowego, przy niewystarczającym tempie rozbudowy infrastruktury drogowej [4,17]. Ewidencja krajowa wskazuje, że liczba zarejestrowanych pojazdów wynosi około 17 milionów i wciąż utrzymuje trend rosnący. Stan ten jest spowodowany głównie importem pojazdów używanych [1]. W konsekwencji takiego stanu rzeczy następuje wzrost natężenia ruchu drogowego, skutkujący między innymi wysoką liczebnością kolizji drogowych [17,21].

W artykule przedstawiono koncepcję wykorzystania sztucznych sieci neuronowych jako narzędzia pomocnego w procesie likwidacji szkód komunikacyjnych. Celem opracowania jest próba zastosowania sztucznych sieci neuronowych do określenia pracy wykonanej podczas deformacji nadwozia pojazdu  $W_{def}$  jako skutku zderzenia samochodów w ruchu, a także rozmiaru szkody komunikacyjnej determinującej opłacalność naprawy uszkodzonego pojazdu. W badaniach sprawdzono również działanie sieci dla różnych wariantów przyjętych danych wejściowych dla sieci neuronowych.

## 2. WYZNACZANIE PRACY DEFORMACJI NADWOZIA

Na skutek zderzenia dwóch lub większej liczby pojazdów następuje zamiana zasadniczej części energii kinetycznej ich układu na pracę trwałą deformacji nadwozi zderzających się samochodów. Stan pokolizyjny odkształcenia nadwozia pojazdu stanowi podstawowy materiał badawczy wykorzystywany podczas rekonstruowania przebiegu zdarzenia drogowego [5,6,11,13-16,18,20-22].

Praca trwałej deformacji nadwozia samochodu  $W_{def}$  wyznaczana jest między innymi za pomocą metody analitycznej, posiadającej cechy formuły uniwersalnej. Umożliwia ona określenie wartości pracy deformacji nadwozia pojazdu na podstawie wymiarów geometrycznych strefy odkształcenia według zależności:

$$W_{def} = \frac{1}{2} \cdot b \cdot h \cdot k \cdot f_{trw}^2, \quad (1)$$

gdzie:

$W_{def}$  – praca deformacji [J],

$b$  – średnia szerokość deformacji mierzona w kierunku prostopadłym do kierunku działania wektora impulsu siły zderzenia [m],

$h$  – średnia wysokość odkształconej strefy deformacji [m],

$f_{trw}$  – średnia głębokość wgniecenia mierzona w kierunku normalnej zderzenia [m],

$k$  – sztywność jednostkowa nadwozia (współczynnik struktury wytrzymałościowej), [N/mm<sup>2</sup>].

Wartość współczynnika sztywności jednostkowej zdeterminowana jest cechami konstrukcji nadwozia pojazdu. Uwzględnia wpływ parametrów gabarytowych pojazdu oraz stan techniczny struktury nośnej i poszycia nadwozia. Wskaźnik sztywności nadwozia przyjmuje wartości empiryczne, dla samochodów osobowych:

- małych:  $k = (13,5 \dots 22,6) \cdot 10^5$  [N/mm<sup>2</sup>],
- średnich:  $k = (9,1 \dots 13,5) \cdot 10^5$  [N/mm<sup>2</sup>],
- dużych:  $k = (5,2 \dots 7,2) \cdot 10^5$  [N/mm<sup>2</sup>].

### 3. WYZNACZANIE ROZMIARU SZKODY

Według metodyki likwidacji szkód stosowanej w zakładach ubezpieczeń uwzględniany jest podział szkód komunikacyjnych na tzw. częściowe i całkowite [12].

W przypadku zdarzeń szkodowych objętych ochroną odpowiedzialności cywilnej sprawcy (OC) szkoda kwalifikowana jest jako częściowa, gdy koszt naprawy pojazdu nie przekracza jego wartości rynkowej. Koszt naprawy pojazdu określa się zgodnie z technologią ustaloną przez producenta pojazdu. Pojazd spełniający ten warunek dopuszcza się do naprawy. W sytuacji, gdy koszt naprawy przekracza wartość rynkową samochodu, zachodzi tzw. szkoda całkowita. Dla szkód całkowitych kwotę należnego odszkodowania ustala się na zasadzie różnicy pomiędzy wartością samochodu przed szkodą oraz wartością pojazdu w stanie uszkodzonym, tzw. pozostałości. W tym przypadku naprawa samochodu kwalifikowana jest jako ekonomicznie nieuzasadniona, a preferowaną formę likwidacji stanowi zbycie przez poszkodowanego pojazdu uszkodzonego i zakup samochodu o parametrach odpowiadających pojazdowi przed szkodą. W tym przypadku występuje brak zgody ubezpieczyciela na pokrycie kosztów naprawy.

Metodyka analogiczna zachodzi dla umów ubezpieczeń dobrowolnych (Autocasco). Różnica polega jedynie na tym, iż w zależności od warunków ogólnych ubezpieczyciela szkoda rozliczana jest jako całkowita już w przypadku, gdy koszt naprawy pojazdu przekracza 70÷80% wartości rynkowej pojazdu przed szkodą.

Rozmiar szkody komunikacyjnej według rzeczoznawczej metodyki likwidacji szkód stosowanej przez zakłady ubezpieczeń określa się z zależności:

$$R = \frac{KN}{WR}, \quad (2)$$

gdzie:

KN – koszt naprawy pojazdu [zł],

WR – wartość rynkowa pojazdu [zł].

Jeżeli wyznaczony z zależności (2) rozmiar szkody wynosi  $R \leq 1$ , to szkodę przyjmuje się za częściową i rozlicza się według kosztów naprawy pojazdu. Koszt ten oblicza się na podstawie technologii naprawy i cennika części zamiennych producenta pojazdu.

Natomiast jeżeli rozmiar szkody wynosi  $R > 1$ , to szkodę przyjmuje się jako całkowitą, a naprawa pojazdu jest ekonomicznie nieuzasadniona. W tym przypadku kwotę należnego odszkodowania stanowi różnica wartości samochodu przed szkodą i wartości pojazdu w stanie uszkodzonym (tzw. pozostałości).

Sposób klasyfikacji szkody komunikacyjnej ze względu na jej rozmiar wyrażony stosunkiem technologicznych kosztów naprawy samochodu do jego wartości rynkowej determinuje sposób rozliczenia szkody, a tym samym wysokość kwoty należnego

odszkodowania. Tak więc podjęcie przez likwidatora szkody prawidłowej decyzji o trybie procesu likwidacji ma zasadnicze znaczenie w sprawie wyceny. Obecnie w zakładach ubezpieczeń w Polsce stosowane są dwa systemy rzeczoznawcze, służące do kalkulowania rozmiaru szkód w pojazdach – INFO-EKSPERT oraz EUROTAX. Zdarza się, iż wycena tej samej szkody sporządzona przez rzeczoznawcę w obu systemach znacząco się różni. Zgodnie z kalkulacją wykonaną w jednym z systemów zasadne byłoby rozliczenie danej szkody jako całkowitej, a według danych drugiego systemu – jako częściowej.

#### 4. EKSPERYMENT BADAWCZY

Na skutek zderzenia dwóch lub większej liczby pojazdów następuje zamiana zasadniczej części energii kinetycznej ich układu na pracę trwałej deformacji nadwozi zderzających się samochodów (rys. 1). Stan pokolizyjny odkształcenia nadwozia pojazdu stanowi podstawowy materiał badawczy wykorzystywany podczas rekonstruowania przebiegu zdarzenia drogowego [5,6,11,13-16,18,20-22].



Rys. 1. Przykłady deformacji nadwozia jako skutku kolizji drogowej  
Fig. 1. The examples of motor-car body deformation as a result of road collision

W literaturze coraz częściej można się spotkać z zastosowaniem sztucznych sieci neuronowych do rozwiązywania różnorodnych zadań [2,3,7-10,19]. Sztuczne sieci neuronowe pozwalają modelować dowolne nieliniowości, charakteryzując się odpornością na zakłócenia oraz zdolnością do uogólniania wiedzy.

W niniejszym opracowaniu sprawdzono przydatność sztucznych sieci neuronowych do określenia pracy deformacji nadwozia pojazdu oraz rozmiaru szkody komunikacyjnej. W badaniach wykorzystano sieć neuronową typu perceptron wielowarstwowy (MLP). Badano wariant sieci z jedną oraz z dwoma warstwami ukrytymi. W każdym z przypadków sprawdzono wpływ liczby neuronów na poziom uzyskiwanej zgodności odpowiedzi ze wzorcem. Założono dla każdej warstwy ukrytej możliwość występowania 5, 10, 15, 20, 25 i 30 neuronów. Dodatkowo sprawdzono przydatność 2 różnych metod uczenia. W eksperymentach wykorzystano algorytm gradientowy ze współczynnikiem momentum oraz algorytm Levenberga-Marquardta. Dla każdej z metod określono najlepszy wariant architektury sieci. W warstwach ukrytych zastosowano neurony tangensoidalne.

W badaniach wykorzystano dane pochodzące z akt szkodowych pozyskanych z jednego z polskich zakładów ubezpieczeń. Zestaw danych składał się z 1000 zarejestrowanych

przypadków szkód komunikacyjnych. Dane zostały podzielone na dwie części. Pierwsza część stanowiła dane uczące, zaś druga dane testujące poprawność działania sztucznych sieci neuronowych.

Pierwszą część badań poświęcono próbie zastosowania sieci neuronowej w zadaniu określenia pracy deformacji nadwozia pojazdu po kolizji drogowej, co stanowiło wyjście sieci neuronowej.

W pierwszym eksperymencie wejścia sieci neuronowych stanowiły następujące dane:

- miesiąc wystąpienia zdarzenia szkodowego,
  - godzina wystąpienia zdarzenia szkodowego,
  - teren, w którym wystąpiło zdarzenie szkodowe,
  - typ nadwozia pojazdu poszkodowanego,
  - wiek pojazdu poszkodowanego,
  - kolor pojazdu poszkodowanego,
  - masa pojazdu poszkodowanego,
  - prędkość pojazdu poszkodowanego,
  - płeć poszkodowanego,
  - wiek poszkodowanego,
  - doświadczenie poszkodowanego w prowadzeniu pojazdów,
  - typ nadwozia sprawcy,
  - wiek pojazdu sprawcy,
  - kolor pojazdu sprawcy,
  - masa pojazdu sprawcy,
  - prędkość pojazdu sprawcy,
  - płeć sprawcy,
  - wiek sprawcy,
  - doświadczenie sprawcy w prowadzeniu pojazdów,
  - typ zdarzenia szkodowego,
  - rodzaj kolizji,
  - średnia szerokość deformacji mierzona w kierunku stycznej zderzenia,
  - średnia wysokość deformacji,
  - wartość odkształcenia trwałego na kierunku normalnej zderzenia.
- Miejsca, w których wystąpiło zdarzenie szkodowe podzielono na dwa typy:
- teren zabudowany,
  - poza terenem zabudowanym.
- Nadwozia pojazdów zostały sklasyfikowane jako:
- jednobryłowe,
  - dwubryłowe,
  - trójbryłowe.
- Nadwozia pojazdów uczestniczących w kolizji mogły przybierać następujące barwy:
- biały,
  - czarny,
  - szary,
  - jasny zielony,
  - ciemny zielony,
  - jasny niebieski,
  - ciemny niebieski,
  - czerwony,
  - bordowy,
  - srebrny,

- żółty,
- pomarańczowy,
- grafitowy,
- inne.

Jako rodzaj kolizji określono:

- zderzenie pojazdów w ruchu,
- najechanie na pojazd zatrzymujący się.

Za typ zdarzenia szkodowego przyjęto:

- najechanie na tył pojazdu,
- uderzenie w bok pojazdu,
- uderzenie w przód pojazdu,
- uderzenie w naroże pojazdu.

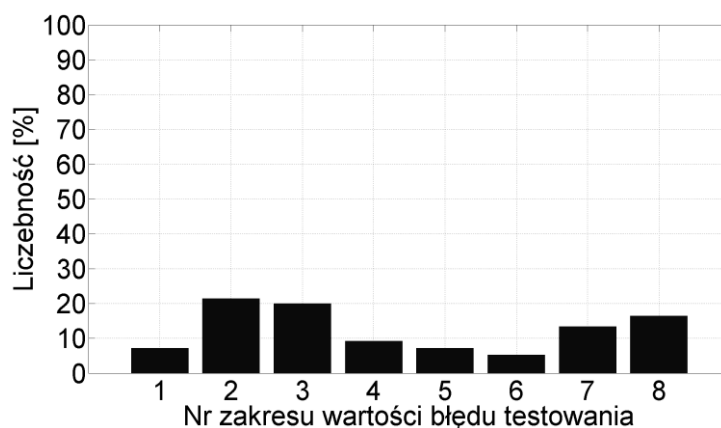
Najlepsze uzyskane w eksperymencie 1 wyniki zostały pokazane w tabeli 1.

Tabela 1

Najlepsze uzyskane wyniki w eksperymencie 1

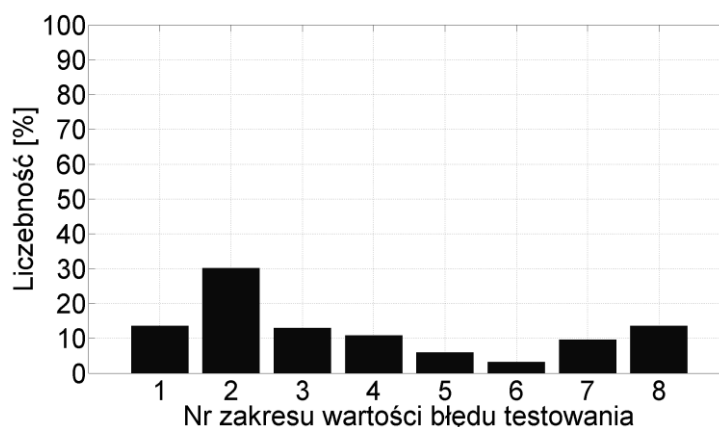
Liczba neuronów - 1 warstwa ukryta	Liczba neuronów - 2 warstwa ukryta	Metoda uczenia	Błąd testowania [%]
25	30	Gradientowa	48,87
5	25	Levenberga-Marquardta	11,94

Analiza uzyskiwanych błędów dla kolejnych wzorcowych przypadków wykazała, że dane uczące są mocno zaszumione. Stan ten wynika z faktu, iż wykorzystywane w badaniach dane pozyskano z akt szkodowych zakładu ubezpieczeń, których część pochodziła z formularzy wypełnionych przez poszkodowanych po zaistnieniu zdarzenia szkodowego. Błędnie wprowadzone w formularz dane nie mogły być wcześniej zweryfikowane pod względem poprawności („uczciwości” wypełniającego formularz). Obrazem tego mogą być wykresy przedstawione na rysunku 2 (algorytm gradientowy z momentum) i 3 (algorytm Levenberga-Marquardta).



Rys. 2. Przykładowa struktura poprawności danych dla sieci uczonej metodą gradientową z momentum; nr zakresu wartości błędu testowania: 1 – błąd<1%, 2 – 1%<błąd<5%, 3 – 5%<błąd<10%, 4 – 10%<błąd<15%, 5 – 15%<błąd<20%, 6 – 20%<błąd<25%, 7 – 25%<błąd<50%, 8 – błąd>50%

Fig. 2. The example structure of the data correctness for the network taught with gradient descent with momentum backpropagation method; number of the range of test error value: 1 – error<1%, 2 – 1%<error<5%, 3 – 5%<error<10%, 4 – 10%<error<15%, 5 – 15%<error<20%, 6 – 20%<error<25%, 7 – 25%<error<50%, 8 – error>50%



Rys. 3. Przykładowa struktura poprawności danych dla sieci uczonej metodą Levenberga-Marquardta; nr zakresu wartości błędu testowania: 1 – błąd<1%, 2 – 1%<błąd<5%, 3 – 5%<błąd<10%, 4 – 10%<błąd<15%, 5 – 15%<błąd<20%, 6 – 20%<błąd<25%, 7 – 25%<błąd<50%, 8 – błąd>50%

Fig. 3. The example structure of the data correctness for the network taught with Levenberg-Marquardt backpropagation method; number of the range of test error value: 1 – error<1%, 2 – 1%<error<5%, 3 – 5%<error<10%, 4 – 10%<error<15%, 5 – 15%<error<20%, 6 – 20%<error<25%, 7 – 25%<error<50%, 8 – error>50%

W kolejnych eksperymentach wydaje się celowe przeprowadzenie selekcji poprawności danych pozyskanych z zakładu ubezpieczeń. W eksperymencie 2 usunięto z zestawu danych przypadki, dla których sieci uzyskiwały błąd powyżej 50%. Procedurę badawczą przeprowadzono analogicznie do eksperymentu poprzedniego.

Najlepsze uzyskane wyniki przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2

Najlepsze uzyskane wyniki w eksperymencie 2

Liczba neuronów - 1 warstwa ukryta	Liczba neuronów - 2 warstwa ukryta	Metoda uczenia	Błąd testowania [%]
5	5	Gradientowa	6,37
5	0	Levenberga-Marquardta	5,20

Przeprowadzona korekta danych wejściowych znacząco poprawiła uzyskiwany poziom zgodności ze wzorcem.

W kolejnym eksperymencie sprawdzano wpływ zastosowanego zestawu danych wejściowych na poprawność pracy sieci neuronowych. W przeprowadzonych doświadczeniach zmniejszono liczbę wejść sieci stosując tylko dane związane bezpośrednio z mechanizmem zderzenia. Z danych uczących usunięto informacje dotyczące czasu i miejsca wystąpienia zdarzenia, koloru pojazdu, wieku, płci i doświadczenia uczestników kolizji. Ponownie przeprowadzono doświadczenia zgodnie z przyjętym wcześniej planem.

Uzyskane najlepsze wyniki pokazano w tabeli 3.

Tabela 3

Najlepsze uzyskane wyniki w eksperymencie 3

Liczba neuronów - 1 warstwa ukryta	Liczba neuronów - 2 warstwa ukryta	Metoda uczenia	Błąd testowania [%]
5	10	Gradientowa	7,42
5	10	Levenberga-Marquardta	0,55

Porównując uzyskane wyniki z badaniami z wcześniejszego eksperymentu można zauważyć duży wpływ doboru danych wejściowych na uzyskiwane błędy testowania perceptronów wielowarstwowych. Zastosowanie w procesie uczenia tylko tych danych, które bezpośrednio mają wpływ na wyznaczaną pracę deformacji nadwozia samochodu, pozwoliło zmniejszyć kilkakrotnie otrzymywane wartości błędów testowania.

W praktyce rzeczoznawczej często zdarza się, iż biegły nie ma możliwości przeprowadzenia precyzyjnych pomiarów bezpośrednio na rzeczywistym obiekcie szkody, a dysponuje wyłącznie dokumentacją zdjęciową uszkodzeń pojazdu sporządzaną w zakładzie ubezpieczeń. W praktyce technicznej likwidacji szkód towarzystw ubezpieczeń wymiarowanie strefy uszkodzeń pojazdu wykonywane jest za pomocą listwy przymiarowej, umożliwiając szacowanie geometrii odkształceń głównie w zakresie średniej szerokości i wysokości (b i h). Natomiast średnia głębokość strefy odkształceń ( $f_{trw}$ ) zazwyczaj nie podlega skalowaniu, w związku z czym w procesie rekonstruowania przebiegu zdarzenia wyznaczanie średniej głębokości deformacji jest często utrudnione i wymaga od rzeczoznawcy stosowania np. metod planimetrowania bądź komputerowego oprogramowania do graficznej obróbki zdjęć [13,14,16].

W przeprowadzonych badaniach podjęto próbę ominięcia niedogodności polegającej na braku danych dotyczących głębokości strefy odkształceń w procesie wyznaczenia pracy deformacji jako skutku kolizji drogowej. Eksperyment 4 przeprowadzono analogicznie do poprzednich, z tą jednak różnicą, iż z zestawu danych wejściowych usunięto informację na temat głębokości strefy odkształceń.

Najlepsze wyniki uzyskane w eksperymencie 4 przedstawiono w tabeli 4.

Tabela 4

Najlepsze uzyskane wyniki w eksperymencie 4

Liczba neuronów - 1 warstwa ukryta	Liczba neuronów - 2 warstwa ukryta	Metoda uczenia	Błąd testowania [%]
25	20	Gradientowa	10,02
5	5	Levenberga-Marquardta	9,28

Porównując uzyskane wyniki można zauważyć mniejszy procent błędu dla sieci uczonych z wykorzystaniem pełnego zestawu danych dotyczących śladu deformacji nadwozia po kolizji drogowej. Dla sprawdzonych algorytmów uczenia błąd ten osiągał poziom niższy niż dla sieci uczonej z wykorzystaniem tej samej metody uczenia, lecz bez danej dotyczącej głębokości odkształcenia. Uzyskany poziom błędu mieści się jednak w zakresie akceptowalnego błędu.

Drugą część badań poświęcono próbie wykorzystania sieci neuronowej w zadaniu klasyfikacji rozmiaru szkody po kolizji drogowej, determinującej opłacalność naprawy uszkodzonego pojazdu. Wyjścia sieci neuronowych określały klasyfikację szkody komunikacyjnej do grupy częściowych lub całkowitych.

W kolejnym przeprowadzonym eksperymencie wejścia sieci stanowiły wyselekcjonowane dane przyjęte w eksperymencie 4.

Najlepsze uzyskane wyniki pokazano w tabeli 5.

Tabela 5

Najlepsze uzyskane wyniki w eksperymencie 5

Liczba neuronów - 1 warstwa ukryta	Liczba neuronów - 2 warstwa ukryta	Metoda uczenia	Błąd testowania [%]
5	10	Gradientowa	26,79
5	10	Levenberga-Marquardta	28,97



W wyniku przeprowadzonych doświadczeń nie udało się zbudować klasyfikatora rozmiaru szkody komunikacyjnej charakteryzującego się błędem na zadowalającym poziomie. W poprzedniej części badań dotyczącej określania pracy deformacji można było zauważyć wzrost wartości błędu w przypadku zastosowania danych wejściowych zmniejszonych o parametr określający głębokość deformacji nadwozia. Dlatego też w kolejnym eksperymencie postanowiono sprawdzić działanie sieci uczonych na danych wejściowych uzupełnionych o ten parametr.

Uzyskane najlepsze wyniki zestawiono w tabeli 6.

Tabela 6

Najlepsze uzyskane wyniki w eksperymencie 6

<b>Liczba neuronów - 1 warstwa ukryta</b>	<b>Liczba neuronów - 2 warstwa ukryta</b>	<b>Metoda uczenia</b>	<b>Błąd testowania [%]</b>
20	5	Gradientowa	26,16
5	10	Levenberga-Marquardta	28,22

Podjęta próba nie wykazała znaczącej poprawy wyników w stosunku do poprzedniego eksperymentu. Przeprowadzone eksperymenty nie potwierdziły możliwości skutecznego zastosowania sztucznych sieci neuronowych typu MLP w zadaniu klasyfikacji rozmiaru szkody będącej wynikiem kolizji drogowej pojazdu.

## 5. PODSUMOWANIE

Przeprowadzone badania miały na celu sprawdzenie hipotezy zakładającej możliwość wykorzystania sztucznych sieci neuronowych w procesie likwidacji szkód komunikacyjnych.

Badania składały się z dwóch zasadniczych części, w których zadaniem sieci neuronowych było określenie pracy deformacji nadwozia pojazdu będącej skutkiem zdarzenia szkodowego oraz klasyfikacji rozmiaru szkody komunikacyjnej determinującej opłacalność przeprowadzania naprawy pojazdu. Pierwsza część badań składała się z czterech eksperymentów, natomiast druga z dwóch eksperymentów.

Wynikiem pierwszej części badań było zbudowanie sieci neuronowych uzyskujących poziom błędu na zadowalającym poziomie. Znaczący wpływ na wartość błędu miały: złożoność architektury sieci, algorytm uczenia, zastosowane w procesie uczenia dane pozyskane z akt szkodowych oraz zestaw danych wejściowych.

Druga część badań nie przyniosła oczekiwanych rezultatów. Nie udało się zbudować sieci neuronowej poprawnie klasyfikującej rozmiar szkody na zadowalającym poziomie błędu. Pomimo uzyskanych niezadowalających wyników nie wydaje się jednak słuszne potwierdzenie tezy o nieskuteczności stosowania sieci neuronowych do tego typu zadania. Nie należy zapominać, iż w eksperymencie nie wyczerpano wszystkich możliwości dotyczących zastosowania sieci neuronowych. W celu dokładniejszych badań należałoby przeprowadzić eksperymenty z wykorzystaniem innych typów sieci neuronowych i/lub doбором optymalnych danych wejściowych. Równocześnie pod znakiem zapytania pozostaje stuprocentowa poprawność metody rzeczoznawczej zastosowanej w celu wyznaczenia poprawnych odpowiedzi, jakich powinna udzielić sieć neuronowa.

**Bibliografia**

1. Czech P., Barcik J.: Aspekty prawne indywidualnego „importu” używanych samochodów. Przegląd Komunikacyjny 9/2007.
2. Czech P., Łazarz B., Wojnar G.: Wykrywanie lokalnych uszkodzeń zębów kół przekładni z wykorzystaniem sztucznych sieci neuronowych i algorytmów genetycznych. Wydawnictwo ITE, Radom 2007.
3. Czech P., Wilk K., Łukasik R.: Próba wykorzystania sieci neuronowej MLP do określenia pracy deformacji nadwozia pojazdu po kolizji drogowej. Teza Komisji Motoryzacji PAN, Zeszyt 33-34, Kraków 2008.
4. Główny Urząd Statystyczny: Rocznik Statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej 2006. Zakład Wydawnictw Statystycznych, Warszawa 2006.
5. Grochowski L., Zuchowski L.: Rozkład energii pochłanianej podczas czołowego uderzenia samochodu w przeszkodę. Materiały z Konferencji „Problemy rekonstrukcji wypadków drogowych”. Instytut Ekspertyz Sądowych, Kraków 2006.
6. Kończykowski W.: Odtwarzanie i analiza przebiegu wypadku drogowego. Info-Expert, Warszawa 1994.
7. Korbicz J., Kościelny J., Kowalczyk Z., Cholewa W.: Diagnostyka procesów. Modele. Metody sztucznej inteligencji. Zastosowania. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2002.
8. Lula P.: Jednokierunkowe sieci neuronowe w modelowaniu zjawisk ekonomicznych. Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Krakowie, Kraków 1999.
9. Nałęcz M., Duch W., Korbicz J., Rutkowski L., Tadeusiewicz R.: Sieci neuronowe. Biocybernetyka i Inżynieria Biomedyczna, tom 6. Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, Warszawa 2000.
10. Osowski S.: Sieci neuronowe do przetwarzania informacji. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2000.
11. Owsiański R.: Szacowanie energii deformacji nadwozia samochodów osobowych. Paragraf na drodze 6/2007. Instytut Ekspertyz Sądowych, Kraków 2007.
12. Pawelec K.: Poszkodowany w wypadku drogowym. Wydawnictwo C.H.Beck, Warszawa 2001.
13. Praca zbiorowa: Problematyka prawna i techniczna wypadków drogowych. Instytut Ekspertyz Sądowych, Kraków 1998.
14. Praca zbiorowa: Wypadki drogowe. Vademecum biegłego sądowego. Instytut Ekspertyz Sądowych, Kraków 2006.
15. Prochowski L.: Mechanika ruchu. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2005.
16. Prochowski L., Unarski J., Wach W., Wicher J.: Podstawy rekonstrukcji wypadków drogowych. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2008.
17. Szczuraszek T.: Bezpieczeństwo ruchu miejskiego. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2006.
18. Świder P., Polański A.: Analiza możliwości zastosowania metody rozwijania siły zderzenia do celów rekonstrukcji wypadków drogowych. Paragraf na drodze, nr 7/2003, Instytut Ekspertyz Sądowych, Kraków 2003.
19. Tadeusiewicz R.: Sieci neuronowe. Akademicka Oficyna Wydawnicza, Warszawa 1993.
20. Wach W.: Metody energetyczne w analizie zderzeń pojazdów, V Konferencja Naukowo-Techniczna „Problemy bezpieczeństwa w pojazdach samochodowych”, Kielce 2006.

21. Zieliński A.: 50 lat analiz i profilaktyki antywypadkowej. Bezpieczeństwo Ruchu Drogowego. Kwartalnik Motoryzacyjny 1/2002. Instytut Transportu Samochodowego, Warszawa 2002.
22. Zieliński A.: Konstrukcja nadwozi samochodów osobowych i pochodnych. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1998.

Recenzent: Dr hab. inż. Jerzy Jaskólski, prof. nzw. Politechniki Krakowskiej