Jacek Jankiewicz

WYKORZYSTANIE SZTUCZNYCH SIECI NEURONOWYCH W PROGNOZOWANIU KONIUNKTURY BUDOWNICTWA

Współczesne wahania koniunkturalne cechuje asymetria w zakresie trwania cyklu, spowodowana w głównej mierze przez interwencjonizm państwowy. Celem stosowania rozmaitych narzędzi makroekonomicznych jest wydłużenie fazy wzrostowej w stosunku do fazy spadku oraz zmniejszenie amplitudy wahań koniunkturalnych. W efekcie współczesne społeczeństwa mają szansę uniknięcia gwałtownych kryzysów gospodarczych.

Cykl koniunktury zbudowany jest z dwóch podstawowych elementów: faz i punktów zwrotnych. Te ostatnie mają szczególne znaczenie praktyczne, umożliwiają bowiem określenie początku i końca poszczególnych faz. Przeciętna długość obecnych cykli gospodarczych wynosi 3–5 lat. Wahania występujące w budownictwie zaliczane są często do cykli specjalnych, z powodu pewnych odstępstw, jakie mogą się pojawiać w porównaniu z ogólnogospodarczymi tendencjami. Fluktuacje gospodarcze tego typu często obejmują okres kilkunastu lat i niejednokrotnie fazy koniunktury budowlanej nie są całkowicie zgodne ze zmianami następującymi w pozostałych działach gospodarki. Powodem może być dostęp do taniej siły roboczej w okresach recesji, tańszych kredytów, czy powstawanie antyrecesyjnych programów robót publicznych (D. Hübner, M. Lubiński, W. Małecki, Z. Makowski, 1994, s. 14). Duży wpływ na kondycję przedsiębiorstw budowlanych wywierają zmiany w polityce gospodarczej państwa. Wystarczy wspomnieć o wrażliwości na zmiany przepisów fiskalnych (np. ulgi budowlane, VAT) oraz poziom stóp procentowych (dostępność kredytów).

Celem poniższej analizy jest identyfikacja i krótkookresowa prognoza wahań cyklicznych występujących w polskim budownictwie. Do opisu badanego zjawiska można wykorzystać wielkości szacowane w ramach statystyki ilościowej, w przeprowadzonym badaniu skupiono się jednak na jakościowych wskaźnikach koniunktury. W takich państwach jak Niemcy, USA, Francja wyniki testu koniunktury odgrywają istotną rolę w analizie bieżącego stanu i prognozowaniu

zmian zachodzących w gospodarce. W niniejszej pracy wykorzystano informacje o charakterze jakościowym, dotyczące branży budowlanej w Polsce.

Spośród wielu dostępnych metod modelowania wybrano technikę sztucznych sieci neuronowych. Jednym z głównych powodów takiej decyzji była zdolność do uwzględniania przez model sztucznej inteligencji nieliniowych związków między zmiennymi. W pracy nie skupiono się na przyczynach fluktuacji gospodarczych, lecz na możliwości ich opisu przy wykorzystaniu jakościowych wskaźników koniunktury.

Opis i prognozowanie średniookresowych zmian procesów gospodarczych wymagają wyboru szeregu referencyjnego. W zależności od metody, będzie to jedna zmienna lub ich zagregowana grupa, najlepiej reprezentująca kształtowanie się koniunktury gospodarczej. Osobny problem stanowi identyfikacja wahań koniunkturalnych. Istnieje wiele metod pozwalających na ich scharakteryzowanie. W klasycznym podejściu badane są absolutne zmiany wybranego procesu lub odchylenia wartości zmiennej od trendu. Tendencja rozwojowa może przyjąć postać wybranej funkcji lub krzywej wyznaczonej jedną z metod wygładzania[1]. Odchylenia od trendu sygnalizują często punkt zwrotny koniunktury wcześniej niż zmiany poziomu aktywności. W sytuacjach, w których zmiany faz koniunktury są rozciągnięte w czasie, zamiast punktów zwrotnych mogą być wyodrębniane strefy zwrotu: górna i dolna. Przy zastosowaniu metody odchyleń można również zidentyfikować dodatkowe wahania, jakim podlega produkcja poszczególnych działów gospodarki (Z. Matkowski, 1998, s. 11). Znana jest też technika polegająca na prowadzeniu trendu przez wierzchołki analizowanych wielkości. Do innych sposobów wyodrębniania wahań koniunkturalnych zalicza się: cykl wzrostu i cykl odchyleń stopy wzrostu od trendu (M. Lubiński, 2002, s. 64). Podstawą pierwszej z wymienionych jest dynamika wzrostu. Określanie punktów zwrotnych opiera się wtedy na analizie tempa zmian szeregu referencyjnego. Jednakże trudność w interpretowaniu zmian koniunktury na podstawie wskaźników dynamiki wywołuje krytykę takiego podejścia.

Poszczególne metody wyodrębniania wahań koniunkturalnych mogą prowadzić do odmiennych wniosków odnośnie do występowania punktów zwrotnych i kształtowania się poszczególnych faz. Procedura wykorzystana w pracy jest związana z założeniem, iż zmiany koniunkturalne to fluktuacje przyjętych wielkości wokół trendów makroekonomicznych. Zatem fazy cyklu są w znacznym stopniu uzależnione od przyjętej postaci trendu, a także od kryterium oceniającego stopień dopasowania wartości trendu do wartości empirycznych. Ostateczną postać fluktuacji aktywności ekonomicznej przedstawiono jako indeksy

[1] Stosowanie średnich ruchomych i związane z tym problemy porusza Z. Matkowski w *Problemy identyfikacji cykli koniunkturalnych*, Prace i Materiały IRG, Zeszyt nr 51, SGH, Warszawa 1997, s. 15 i 21.

otrzymane w wyniku podzielenia wielkości poddanych korekcie sezonowej przez wartości trendu otrzymanego dzięki filtrowi Hodricka-Prescotta.

Informacje zbierane metodą testu koniunktury bezpośrednio od uczestników życia gospodarczego stanowią w Polsce coraz bogatsze źródło wiedzy o sytuacji w analizowanych sektorach rynku. Ogólnopolska analiza koniunktury przemysłu przetwórczego prowadzona jest od roku 1992 przez Główny Urząd Statystyczny. Branżę budowlaną objęto tym badaniem w kolejnym roku (zobacz: M. Rekowski, 1997, s. 7–8, 53–55).

Zainteresowanie testem koniunktury wynika z wielu zalet, jakie charakteryzują wymienioną technikę. Można wśród nich wymienić szybkość pozyskiwania i opracowywania informacji, regularność badań, elementy prognoz w otrzymywanych informacjach (M. Cieślak, 2001, s. 229). Nie bez znaczenia jest to, iż przedsiębiorcy uczestniczący w badaniu przeszli swojego rodzaju edukację w zakresie oceny sytuacji gospodarczej. A dodatkowy wpływ na skuteczność tej metody analizy ma dokonująca się stabilizacja gospodarki. Początkowe fazy transformacji i związane z nią gwałtowne zmiany sytuacji ekonomicznej przyczyniały się do powstawania fałszywych sygnałów w wynikach testu koniunktury. Podobne wnioski formułowane są na podstawie analizy zmiennych jakościowych publikowanych przez IRG (E. Adamowicz, S. Dudek, K. Walczyk, 2002, s. 15–16, 29–30). Z zawartych tam informacji wynika, że wyraźna poprawa własności prognostycznych i diagnostycznych testów koniunktury nastąpiła po roku 1997.

W badaniu metodą testu koniunktury biorą udział jednostki należące do sekcji F działu 45 Polskiej Klasyfikacji Działalności. Miesięcznie na pytania ankietowe odpowiada około 2200 respondentów. Przedsiębiorstwa są dzielone według: sektorów (publiczny, prywatny), klas wielkości (10–49 pracujących, 50–249 pracujących oraz 250 i więcej pracujących), grup działalności (przygotowania terenu pod budowę, wznoszenia kompletnych obiektów budowlanych lub ich części, wykonywania instalacji budowlanych, wykonywania robót budowlanych wykończeniowych) (*Badania koniunktury*, 2000, s. 64).

Stawiane w tego typu badaniach pytania dotyczą podstawowych zmiennych opisujących działalność gospodarczą. Nie wszystkie informacje z kwestionariuszy ankietowych mają odpowiedniki w oficjalnych statystykach, część z nich stanowią opinie podmiotów gospodarczych o wielkościach, których badania ilościowe nie obejmują. Wskaźniki konstruowane na podstawie odpowiedzi respondentów są więc dodatkowym źródłem informacji w porównaniu ze statystyką ilościową, stanowią jej uzupełnienie. Pytania zawarte w teście koniunktury dotyczą zarówno oceny aktualnej sytuacji gospodarczej, jak i oczekiwań przedsiębiorców odnośnie do jej kształtu w najbliższej przyszłości. W pierwszej części ankiety respondenci udzielają informacji na temat:

– zmian aktywności gospodarczej w danym miesiącu w porównaniu do poprzedniego okresu,

- barier, na jakie napotykają w działalności budowlano-montażowej w danym miesiącu,
- stanu portfela zamówień w danym miesiącu w porównaniu z poprzednim okresem,
- oceny wielkości portfela zamówień (zbyt duży, wystarczający, zbyt mały),
- liczby miesięcy zagwarantowanego działania przedsiębiorstwa przy posiadanym portfelu zamówień, w normalnych warunkach gospodarowania,
- procentu wykorzystania zdolności produkcyjnych w danym miesiącu,
- wartości produkcji budowlano-montażowej (w cenach realizacji) w danym i w kolejnych trzech miesiącach,
- opóźnień płatności za wykonane roboty w danym okresie w porównaniu z miesiącem poprzednim,
- ogólnej sytuacji finansowej w zakresie działalności na rynku krajowym i zagranicznym w danym okresie w stosunku do miesiąca poprzedniego.

Pytania znajdujące się w części prognostycznej dotyczą:

- zmian aktywności gospodarczej w najbliższym miesiącu w porównaniu do okresu bieżącego,
- zmian portfela zamówień w kolejnych trzech miesiącach w odniesieniu do okresu obecnego,
- zmian portfela zamówień na roboty budowlano-montażowe na rynku zagranicznym w kolejnych trzech miesiącach w odniesieniu do okresu obecnego,
- zmiany poziomu cen realizacji robót budowlano-montażowych w kolejnych trzech miesiącach,
- zmian wartości produkcji budowlano-montażowej (w cenach realizacji) w kolejnych trzech miesiącach w odniesieniu do okresu obecnego,
- zmian ogólnej sytuacji finansowej w zakresie działalności na rynku krajowym i zagranicznym w najbliższych trzech miesiącach w porównaniu z okresem bieżącym,
- zmian wielkości zatrudnienia w działalności budowlano-montażowej w kolejnych trzech miesiącach,
- aktualnie istniejących w przedsiębiorstwie zdolności produkcyjnych w stosunku do oczekiwanego w kolejnych sześciu miesiącach portfela zamówień (warianty: zbyt wysokie, wystarczające, zbyt niskie).

Na podstawie uzyskanych odpowiedzi są konstruowane wskaźniki, które można podzielić na proste i złożone. Wskaźniki proste powstają jako ważone procentowe udziały przedsiębiorstw wybierających dany wariant odpowiedzi lub jako salda, czyli różnice między ważonym procentem liczby odpowiedzi pozytywnych i negatywnych. Salda to różnice między wariantami wzrost i spadek. Wyjątek stanowią wskaźniki opóźnień płatności i zdolności produkcyjnych, konstruowane jako różnice między wariantami spadek i wzrost. Tego typu oceny przyjmują wartości liczbowe z przedziału ±100. Ważenie odpowiedzi wartością sprzedaną produkcji budowlano-montażowej w cenach bieżących zapewnia po-

równywalność zbieranych informacji. W efekcie wzrost aktywności gospodarczej dużego przedsiębiorstwa ma większy wpływ na poziom wskaźnika niż ten sam kierunek zmian zasygnalizowany przez znacznie mniejszy podmiot.

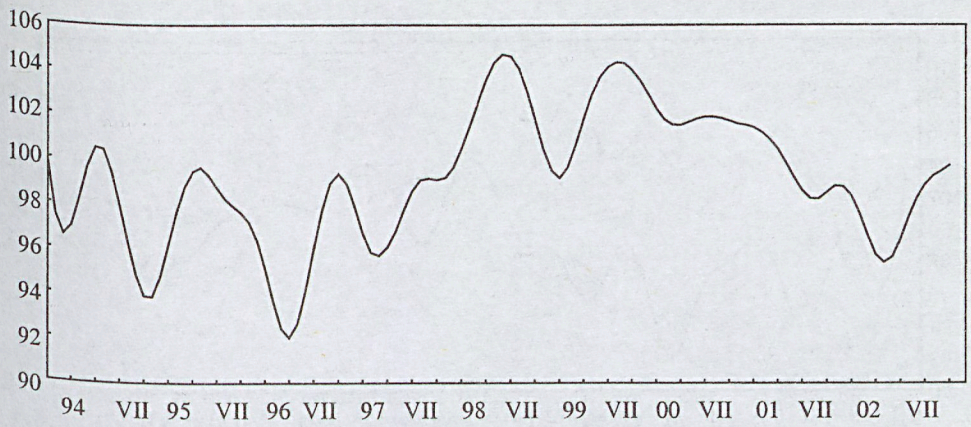
Ogólny klimat koniunktury w budownictwie jest wskaźnikiem złożonym, który powstaje jako średnia arytmetyczna sald odpowiedzi na pytania dotyczące bieżącej i przewidywanej aktywności gospodarczej w zakresie działalności budowlano-montażowej. W związku z tym, że łączy w sobie diagnozę i prognozę sytuacji gospodarczej, jest traktowany jako ogólny, a zarazem podstawowy miernik aktywności w branży.

Do odrębnej grupy zaliczyć można wskaźniki wykorzystania zdolności produkcyjnych czy też barier, na jakie napotyka działalność budowlano-montażowa. W pierwszym przypadku publikowane są informacje na temat procentowego wykorzystania zdolności produkcyjnych. Wskaźniki drugiego typu odzwierciedlają procentowy udział przedsiębiorstw zgłaszających daną barierę w ogólnej liczbie respondentów (*Badania koniunktury*, 2000, s. 64).

1. Identyfikacja wahań cyklicznych

Wahania cykliczne produkcji budowlano-montażowej zostały zobrazowane jako odchylenia od trendu. W tym celu zmienną oczyszczono z wahań sezonowych oraz przypadkowych. W efekcie otrzymano szereg wartości będących połączeniem fluktuacji cyklicznych i tendencji rozwojowej. W kolejnych przekształceniach przyjęto upraszczające założenie o wzajemnej niezależności trendu i cyklu, a zaakceptowana stochastyczna natura tendencji rozwojowej pozwoliła na zastosowanie metody filtru Hodricka-Prescotta (H-P). Indeksy będące obrazem zmienności cyklicznej otrzymano dzieląc wartości szeregu poddanego korekcie sezonowej przez oszacowania trendu techniką H-P. Ostateczny obraz średniookresowych fluktuacji gospodarczych przedstawia rysunek 1.

W analizowanym przedziale czasowym, wahania sprzedaży produkcji budowlano-montażowej można podzielić na trzy okresy. Stosunkowo niski poziom oscylacji zmiennej referencyjnej w latach 1993–1995 to efekt kryzysu, jaki dotknął branżę budowlaną po przemianach systemowych. Istotnym ograniczeniem dla rozwoju wolnej konkurencji w tym czasie była struktura własnościowa istniejących podmiotów budowlanych. Ograniczenie dopłat z budżetu państwa, związane z transformacją gospodarki, osłabiło monopolistyczną pozycję wspomnianych jednostek, a pojawiające się prywatne przedsiębiorstwa przyczyniły się do rozwoju rynku. W latach 1996–1998 nastąpiła faza pomyślnej koniunktury. Wyraźny wzrost inwestycji zanotowano wówczas w ramach budownictwa przemysłowego i biurowego. Warto wspomnieć o zmianach, jakie nastąpiły



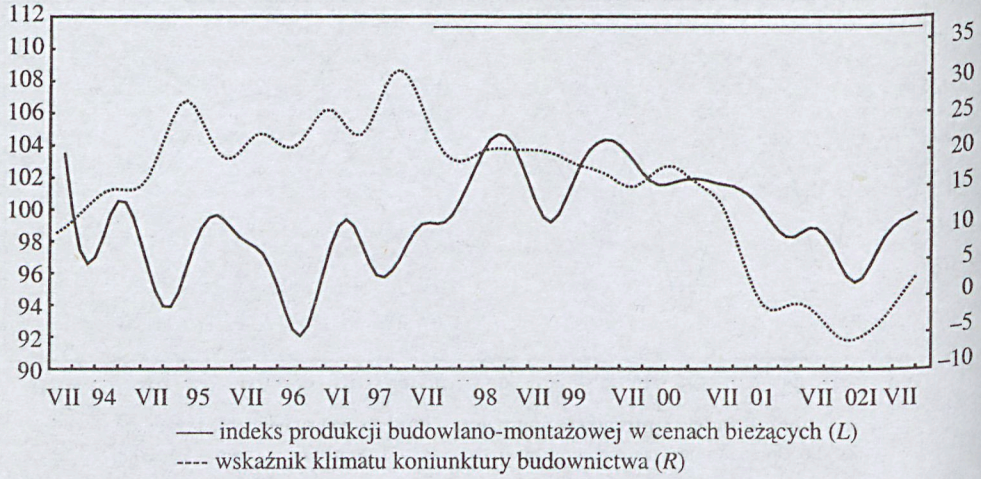
Rysunek 1. Indeksy produkcji budowlano-montażowej w cenach bieżących
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS, Statistica PL, ver. 5.5A, 2000

w strukturze inwestowania w latach 1993–2001. Na początku lat 90. największą rolę odgrywały roboty modernizacyjne, konserwacyjne i remontowe. Wyraźny wzrost nowych inwestycji nastąpił w roku 1995, kiedy dynamicznie zaczęło się rozwijać budownictwo biurowców, hoteli, supermarketów, nowoczesnych magazynów, centrów dystrybucyjnych. Pierwsze oznaki załamania koniunktury odnotowano w końcowym okresie 1998 roku. O fazie pogorszenia gospodarczego można mówić od roku 1999 do końca prowadzonych obserwacji. Wyraźny spadek aktywności gospodarczej nastąpił w roku 2000, a w kolejnych dwóch latach zjawisko pogłębiło się.

Dobrej koniunkturze w branży budowlanej w drugiej połowie lat dziewięćdziesiątych sprzyjał ogólny wzrost gospodarczy (od 1995 do 1997 roku PKB zmieniał się w granicach 6–7%). Przyjmując, że na przełomie 1995 i 1996 pojawiła się dolna strefa zwrotna, górna strefa zwrotna, która kończy fazę wzrostową, przypadła na rok 1999. Pogarszająca się wtedy sytuacja w polskiej gospodarce i jej otoczeniu była związana z ograniczeniem niezwykle ważnych dla budownictwa źródeł inwestycji (kredyty, środki budżetowe i inwestycje zagraniczne). W ostatnim etapie zakresu czasowego nie wystąpiły wyraźne oznaki poprawy sytuacji gospodarczej na omawianym rynku, w związku z czym przyjęto, że okres dekoniunktury nie zakończył się.

Wykorzystując do analizy wskaźniki jakościowe, ograniczono się do wyeliminowania składnika sezonowego oraz wahań przypadkowych. Ze względu na to, że wartości wskaźników mogą oscylować tylko w określonym przedziale, zrezygnowano z wyodrębniania tendencji rozwojowej.

Na rysunku 2 zaprezentowany został złożony wskaźnik klimatu koniunktury budownictwa oczyszczony z wahań sezonowych i przypadkowych. Jego wartości porównano z kształtowaniem się cyklicznego składnika produkcji budowlano-montażowej w ujęciu ilościowym.



Rysunek 2. Ogólny wskaźnik klimatu koniunktury budownictwa oczyszczony z wahań sezonowych i przypadkowych oraz indeks produkcji budowlano-montażowej w cenach bieżących
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS, Statistica PL, ver. 5.5A, 2000

Wartości szacowane na podstawie informacji zbieranych metodą testu koniunktury wykazują odmienne związki z szeregiem wahań cyklicznych produkcji budowlano-montażowej. Część z nich charakteryzuje się pewnym wyprzedzeniem w stosunku do szeregu ilościowego, inne mają przebieg równoległy bądź opóźniony. W niniejszym badaniu wykorzystano tylko zmienne wyprzedzające.

2. Metoda badawcza

Coraz częściej, obok tradycyjnych metod statystycznych, do analizy i prognozowania procesów gospodarczych wykorzystywana jest sztuczna inteligencja. Opracowane stosunkowo niedawno techniki konstrukcji i uczenia sztucznych sieci neuronowych były początkiem dynamicznego rozwoju tej dziedziny nauki. Dobre rezultaty zastosowania nowych technik, na przykład w określaniu ryzyka kredytowego czy predykcji indeksów giełdowych, zachęcają do szukania nowych sposobów ich wykorzystania. Możliwość analizy szeregów czasowych, jaką dają sztuczne sieci neuronowe, sprawiła, że używa się ich do badania procesów makroekonomicznych (S. Kudyba, 1998). Jedną z dziedzin zastosowań jest również analiza koniunktury gospodarczej.

Sztuczne sieci neuronowe są wyrafinowaną techniką modelowania, zdolną do odwzorowania złożonych funkcji. Struktury tego typu mają charakter nieliniowy, co istotnie zwiększa możliwości ich zastosowań. Można się spotkać ze

stwierdzeniem, że sieci same konstruują potrzebne użytkownikowi modele, ponieważ automatycznie uczą się na podanych przez niego przykładach (P. Wojtowicz, 2000).

Sztuczna sieć neuronowa jest porównywana do ludzkiego mózgu, który opiera swoje działanie na informacjach rejestrowanych przez pięć zmysłów. Analogicznie, sieć korzysta ze zbiorów danych, które mogą mieć postać na przykład szeregów czasowych. Szybkość rozwiązywania problemu zależy od rozmiaru sieci (będącego pochodną złożoności problemu i liczby zaprezentowanych przypadków), jak również od mocy obliczeniowej komputera (E. Gately, 1999, s. 1–8). Istotną cechą dobrze spełniającej swoje zadanie sztucznej sieci neuronowej jest specjalizacja. Z tego powodu może ona być znacznie prostsza w swej budowie w porównaniu z ludzkim mózgiem (sieć pracuje nad rozwiązaniem jednego zadania, mózg odbiera jednocześnie wiele różnych informacji).

Jedną z najważniejszych cech gotowej sieci jest jej zdolność do generalizacji. Polega ona na umiejętności udzielania prawidłowych odpowiedzi dla danych prezentowanych po raz pierwszy na wejściu. Przypadki nie biorące udziału w uczeniu są jednoznacznym testem jakości otrzymanej struktury. Weryfikacja zdolności do generalizacji nie jest jedynym kryterium dobroci stworzonego modelu, a zaledwie jednym z etapów. Dokładniejszej oceny dostarcza szereg wskaźników sumarycznych, zaprezentowanych i omówionych w dalszej części opracowania.

W praktyce istnieje duża liczba różnych modeli sieci neuronowych. Najczęściej używanym i jednym z najwszechstronniejszych jest perceptron wielowarstwowy (MLP–multi-layer perceptron). Do jego zalet można zaliczyć umiejętność aproksymowania dowolnej, ciągłej funkcji deterministycznej. Niestety, duże trudności sprawia szczegółowe zrozumienie operacji wykonywanych nawet przez małe sieci tego typu. Dlatego też rezultaty uzyskane tą drogą są trudniejsze do interpretowania w porównaniu z innymi metodami.

W opisywanych problemach badawczych zastosowane zostały tryby uczenia z nauczycielem. Rozwiązanie to polega na zawarciu w zbiorze uczącym zarówno wartości zmiennych wejściowych, jak i odpowiadających im wartości zmiennej wyjściowej. W procesie uczenia sieci stosuje się podział zmiennych na trzy zbiory: uczący, walidacyjny i testowy. Przyporządkowania przypadków do określonych zbiorów można dokonać chronologicznie lub losowo, co wpływa na przebieg uczenia.

W trakcie treningu sieci zbiory walidacyjny i testowy są traktowane inaczej niż zbiór uczący. Rolą zbioru testowego jest jednorazowe i niezależne określenie sprawności utworzonej sieci. Część walidacyjna służy do wielokrotnego sprawdzania tworzonej struktury.

W trosce o jak najlepsze funkcjonowanie modelu wskazane jest wyeliminowanie części dostępnych zmiennych (tzw. redukcja wymiaru przestrzeni danych wejściowych). Powodem takiego postępowania może być podobieństwo infor-

macji, jaką zawierają niektóre szeregi czasowe. Ponadto mniejsza liczba zmiennych wejściowych ogranicza liczbę parametrów sieci. Prostsze struktury znacznie szybciej się uczą, a ponadto, przy stosunkowo niewielkiej ilości obserwacji, posiadają lepsze zdolności do generalizacji.

Sposoby redukcji wymiaru przestrzeni wejściowych podzielić można na dwie grupy:

- metody polegające na wyborze z początkowego zbiory zmiennych objaśniających pewnej podgrupy, w skład której wchodzą wielkości, które są najmocniej skorelowane ze zmienną objaśnianą (często określany jako problem wyboru reprezentantów cech);
- metody polegające na zastąpieniu pierwotnego zestawu zmiennych nowymi zmiennymi, które nie występowały w zestawie pierwotnym, a które opisują kształtowanie się zmiennej objaśnianej. Liczba nowych zmiennych jest mniejsza od liczby zmiennych występujących w pierwotnym zestawie danych. Podstawową metodą realizującą takie podejście jest analiza głównych składowych (T. Tadeusiewicz, P. Lula, 2001).

Zmienne niezależne w postaci wskaźników jakościowych zostały poddane analizie korelacji. Wyeliminowano w ten sposób wielkości niosące bardzo podobne informacje i jednocześnie zmniejszono liczbę parametrów sieci. Eliminacja zmiennych niezależnych na podstawie związków liniowych nie powinna jednak być posunięta zbyt daleko. Poszczególne wskaźniki mogą się okazać przydatne w modelu, który opiera się na związkach nieliniowych.

Mając do dyspozycji złożony wskaźnik ogólnego klimatu koniunktury w budownictwie, który jest liczony jako średnia sald odpowiedzi na pytania dotyczące bieżącej i przewidywanej aktywności gospodarczej w zakresie działalności budowlano-montażowej, pominięto wskaźniki aktywności gospodarczej oraz prognozy aktywności gospodarczej. Zbiór danych pomniejszono również o wskaźniki sytuacji finansowej i jej prognozy, które wykazywały zbyt silne związki z pozostałymi zmiennymi objaśniającymi.

W dalszej kolejności zbadano przyczynowość ekonometryczną według Grangera. Jest to jedna z częściej stosowanych w ekonometrii definicji przyczynowości. Analiza polega na określeniu stopnia, w jakim bieżące wartości y są objaśniane przez poprzednie wartości y oraz czy dodanie przesuniętych w czasie danych x poprawia predykcję y, tzn. czy współczynniki regresji przesuniętych szeregów x są statystycznie istotne (W. Charemza, D. F. Deadman, 1997, s. 158). Wyrażenie „x jest przyczyną y w sensie Grangera" nie oznacza, że y jest skutkiem x, lecz jedynie to, że dodanie opóźnionych wartości x poprawia predykcję y.

$$y_t = \alpha_0 + \alpha_1 y_{t-1} + \alpha_2 y_{t-2} + ... + \alpha_l y_{t-l} + \beta_1 y_{t-1} + ... + \beta_l y_{t-l}. \quad (1)$$

Wyniki badania przyczynowości ekonometrycznej zbadanej dla dwudziestoczteromiesięcznych opóźnień zamieszczono w tabeli.

Tabela 1. Przesunięcia czasowe wykazujące przyczynowość w sensie Grangera

Jakościowe wskaźniki koniunktury	Zmienna referencyjna	Przesunięcia czasowe w miesiącach
WPD	SPB_B	do 14
POZ	SPB_B	do 3
PZR	SPB_B	do 24
PCN	SPB_B	do 13
KLO	SPB_B	do 3
OPL	SPB_B	do 24
PPOZ	SPB_B	do 24
PWPD	SPB_B	do 24

Objaśnienia skrótów:

SPB_B – miesięczna sprzedaż produkcji budowlano-montażowej w cenach bieżących,
WPD – wskaźnik wartości produkcji budowlano-montażowej,
POZ – wskaźnik portfela zamówień na roboty budowlano-montażowe,
PZR – wskaźnik prognozy zatrudnienia w zakresie działalności budowlano-montażowej,
PCN – wskaźnik prognozy cen realizacji robót budowlano-montażowych,
KLO – wskaźnik ogólnego klimatu koniunktury w budownictwie,
OPL – wskaźnik opóźnień płatności,
PPOZ – wskaźnik prognozy portfela zamówień,
PWPD – wskaźnik prognozy wartości produkcji.
Źródło: obliczenia własne na podstawie danych GUS, Eviews, Student Version 3.1, 2001.

3. Modele sieci neuronowych

Sieci typu perceptron wielowarstwowy są strukturami o znacznym stopniu złożoności, co wiąże się z dużymi możliwościami obliczeniowymi. To, co zwykle postrzegane jest jako zaleta, w określonych warunkach stanowi źródło problemu. Zbyt duży potencjał obliczeniowy może prowadzić do przeuczenia sztucznej sieci neuronowej, a taki model w zadaniach prognostycznych jest nieprzydatny.

Ze względu na stosunkowo niewielką liczbę dostępnych przypadków, związki między oczyszczonymi szeregami czasowymi mogły zostać przyswojone przez sieć zbyt dokładnie. Z tego powodu w opisywanym badaniu największą uwagę poświęcono problemowi przeuczenia.

Analiza licznych struktur sieci i ich statystyk opisowych była podstawą wyboru modelu o maksymalnie zbieżnych ocenach zbiorów uczącego i walidacyjnego. Odpowiedzi sieci MLP1 zaprezentowano na rysunku 3. Przypadki do zbiorów uczącego (72 obserwacje), walidacyjnego (8 obserwacji) i testowego (4 obserwacje) dobrano w sposób chronologiczny. Przyjętą miarą, pozwalającą

określić jakość dopasowania poszczególnych zbiorów danych do odpowiedzi sieci, był błąd sumaryczny:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(Y_i - Y_i^*)^2},$$

gdzie:

n – liczba przypadków,

Y_i^* – wartość zmiennej wyjściowej uzyskana z sieci neuronowej dla i-tego zestawu danych uczących,

Y_i – rzeczywista wartość zmiennej wyjściowej w i-tym zestawie danych uczących.

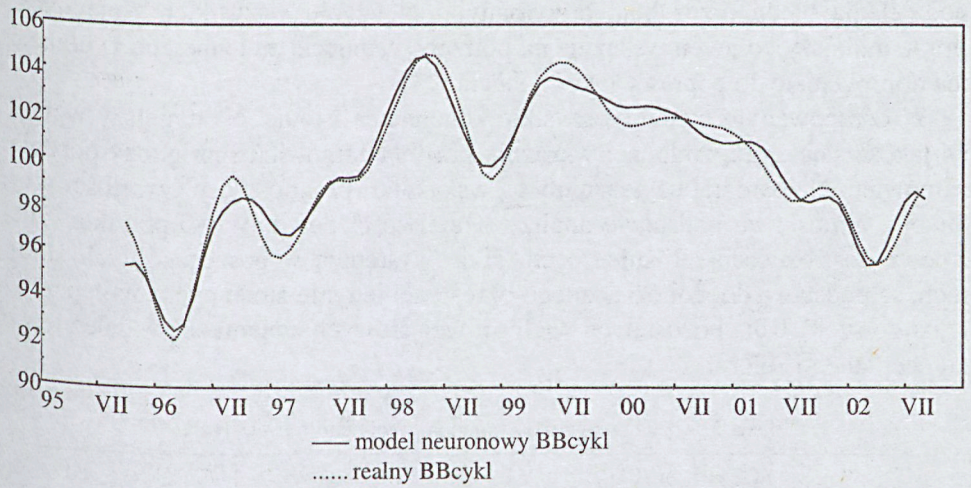
RMSE jest jedną z częściej wykorzystywanych statystyk opisowych sztucznych sieci neuronowych. Jego uzupełnienie stanowiła grupa statystyk sumarycznych. Za najistotniejsze z nich uznano iloraz odchyleń standardowych dla błędów i dla danych oraz współczynnik korelacji Pearsona dla wartości zadanej i wartości uzyskanej na wyjściu.

Błąd wyznaczony w trakcie uczenia nie może być jedynym parametrem oceny modelu. Badacz ma możliwość sprowadzenia jego wartości do bardzo niskiego poziomu, rozbudowując ukrytą część sieci. Taka struktura dobrze odwzorowuje znane przypadki, istotnej redukcji ulega jednak wspomniana już wcześniej zdolność do generalizacji.

W trakcie konstrukcji modelu, z grupy zmiennych wejściowych usunięto wskaźnik prognozy zatrudnienia. Powodem była niska ocena zmiennej pod kątem jej informacyjnego wkładu do modelu. Ostatecznie otrzymano model z siedmioma wartościami wejściowymi i czterema neuronami w warstwie ukrytej. Uczenie techniką gradientów sprzężonych przyniosło następujące rezultaty: *RMSE* zbioru uczącego = 0,60, *RMSE* zbioru walidacyjnego = 0,38, *RMSE* zbioru testowego = 0,68[2].

Wartości ilorazu odchyleń błędów dla zbiorów uczącego i walidacyjnego nie różnią się znacznie. Jest to jedna z przesłanek świadcząca o poprawności wygenerowanego modelu. „Korelacja" czyli standardowy współczynnik korelacji R Pearsona dla wartości zadanej i wartości uzyskanej na wyjściu w przypadku obu zbiorów jest na wysokim poziomie. Silny związek występuje również w granicach zbioru testowego.

[2] Szerzej na temat technik uczenia perceptronów jednowarstwowych w: P. Lula, *Jednokierunkowe sieci neuronowe w modelowaniu zjawisk ekonomicznych*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej, Kraków 1999.



Rysunek 3. Model sieci neuronowej MLP1 cyklicznych zmian sprzedaży produkcji budowlano-montażowej w cenach bieżących

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS, Statistica Neural Networks PL, ver. 4.0 F, 2000

Tabela 2. Statystyki regresyjne sztucznej sieci neuronowej MLP1

Statystyki regresyjne	Uczący	Walidacyjny	Testowy
Średnia	99,95114	97,15302	97,77271
Odchylenie standardowe	3,105781	1,448496	1,057645
Średni błąd	0,018788	–0,2037	0,40477
Odchylenie standardowe błędu	0,607699	0,351629	0,64453
Średni błąd bezwzględny	0,490697	0,353004	0,654414
Iloraz odchyleń standardowych	0,195667	0,242754	0,609401
Korelacja	0,980687	0,97492	0,857904

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS, Statistica Neural Networks PL, ver. 4.0 F, 2000.

Dodatkowej wiedzy na temat oszacowanego modelu dostarcza analiza wrażliwości. Na podstawie wygenerowanych statystyk można wyciągnąć wnioski odnośnie do użyteczności poszczególnych zmiennych wejściowych. Obserwacja trzech wskaźników umożliwia ocenę zmiennych pod kątem ich przydatności w modelu.

W tabeli zaprezentowano analizę wrażliwości dwóch zbiorów uczącego (*Uc.*) i walidacyjnego (*Wa*). Rangi określają zmienne niezależne według wkładu niesionej informacji. Najbardziej przydatną zmienną w modelu jest zmienna oznaczona numerem jeden, czyli dla zbioru uczącego, wskaźnik prognozy cen. Podstawową charakterystyką jest błąd, wskazujący na jakość sieci przy braku danej zmiennej. Ważnym zmiennym przypisywana jest duża wartość, świadcząca o dużej utracie jakości modelu w przypadku ich pominięcia. Iloraz to wynik

podzielenia błędu przez błąd otrzymany przy użyciu wszystkich zmiennych. Iloraz mniejszy od jeden wskazuje na potrzebę usunięcia zmiennej, co w efekcie ma doprowadzić do poprawy jakości sieci.

W oszacowanym modelu wszystkie zmienne są istotne. Najmniejszy wpływ na jakość sieci mają zmienne: wskaźnik portfela zamówień i prognozy portfela zamówień. Najbardziej użytecznymi są wskaźniki: prognozy cen i wartości produkcji. Wnioski na podstawie analizy wrażliwości powinny być potraktowane z pewną ostrożnością. Różnice ocen, jakie występują w poszczególnych zbiorach, są podstawą do jednoznacznego określenia jedynie zmiennych „najlepszej" i „najgorszej". Rola pozostałych wielości wejściowych zmienia się w zależności od ocenianego zbioru.

Tabela 3. Analiza wrażliwości modelu sieci neuronowej MLP1

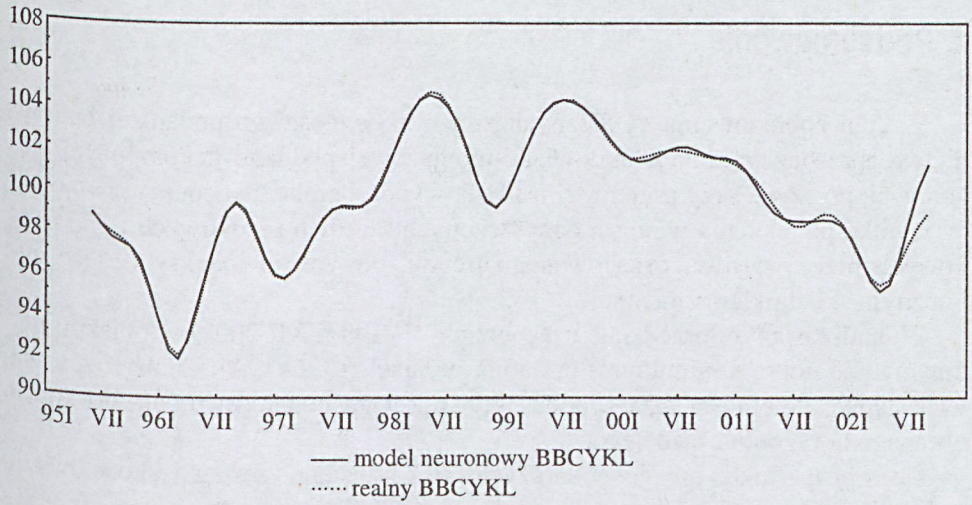
	POZ	WPD	OPL	PPOZ	PWPD	PCN	KLO
Uc. Ranga	5	2	4	7	6	1	3
Uc. Błąd	1,11188	2,189523	1,134183	0,835132	1,061734	2,631801	1,434853
Uc. Iloraz	1,841603	3,626498	1,878543	1,383226	1,758546	4,359042	2,376542
Wa. Ranga	4	6	3	7	5	1	2
Wa. Błąd	2,214318	1,116873	3,892494	0,836707	2,213751	4,704955	4,510884
Wa. Iloraz	5,723418	2,886817	10,06105	2,162662	5,721952	12,16104	11,65942

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS, Statistica Neural Networks PL, ver. 4.0 F, 2000.

W kolejnym modelu, jaki oszacowano, zastosowany został losowy dobór przypadków do poszczególnych zbiorów danych. Łatwo dostrzec wyraźną poprawę pod względem dopasowania odpowiedzi sieci do znanych dla niej wartości. Znacznie wyższym wskaźnikiem korelacji charakteryzuje się również zbiór testowy, co obniża prawdopodobieństwo przeuczenia struktury neuronowej. Losowy sposób prezentacji danych przyczynił się do lepszego odwzorowania szeregu referencyjnego, mimo zmniejszenia liczby przypadków uczących (58 obserwacji). Do zbiorów walidacyjnego i testowego przyporządkowano odpowiednio: 17 i 10 obserwacji. Sieć MLP2 charakteryzuje się znacznie mniejszymi wartościami błędów w porównaniu z modelem MLP1. *RMSE* uczącego = 0,14, *RMSE* walidacyjnego = 0,12, *RMSE* testowego = 0,17. Na wejściu zaprezentowano osiem wielkości, w warstwie ukrytej znalazło się 5 neuronów.

Małe różnice między ilorazami odchyleń standardowych dla zbiorów uczącego i walidacyjnego świadczą o jakości otrzymanej struktury. Zdolność do generalizacji potwierdza ocena zbioru testowego.

Najważniejszą rolę w opisie zmian produkcji budowlano-montażowej odgrywają zmienne: złożony wskaźnik klimatu ogólnego oraz wskaźnik wartości produkcji. Zmiennymi o najmniejszym znaczeniu (choć istotnymi) są: wskaźnik opóźnień płatności i prognozy cen.



Rysunek 4. Model sieci neuronowej MLP2 cyklicznych zmian sprzedaży produkcji budowlano-montażowej w cenach bieżących

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS, Statistica Neural Networks PL, ver. 4.0 F, 2000.

Tabela 4. Statystyki regresyjne sieci neuronowej MLP2

Statystyki regresyjne	Uczący	Walidacyjny	Testowy
Średnia	99,52723	100,193	98,69169
Odchylenie standardowe	3,144673	2,720135	2,956163
Średni błąd	–0,00275	0,01403	–0,07499
Odchylenie standardowe błędu	0,144249	0,132948	0,162553
Średni błąd bezwzględny	0,117249	0,110145	0,111413
Iloraz odchyleń standardowych	0,045871	0,048876	0,054988
Korelacja	0,998952	0,998892	0,998495

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS, Statistica Neural Networks PL, ver. 4.0 F, 2000.

Tabela 5. Analiza wrażliwości modelu sieci neuronowej MLP2

	POZ	WPD	OPL	PPOZ	PWPD	PCN	PZR	KLO
Uc.Ranga	6	2	8	5	4	7	3	1
Uc. Błąd	1,252921	5,02553	1,089832	1,515099	3,093422	1,142641	4,862026	6,214612
Uc. Iloraz	2,033679	8,157188	1,768961	2,459233	5,021087	1,854678	7,891797	10,08724
Wa. Ranga	6	2	7	5	4	8	1	3
Wa. Błąd	1,266879	3,302022	0,959852	1,840916	1,906903	0,68481	3,359133	2,519635
Wa. Iloraz	9,764781	25,45115	7,398296	14,18932	14,69792	5,278342	25,89134	19,42070

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS, Statistica Neural Networks PL, ver. 4.0 F, 2000.

4. Podsumowanie

W celu zobrazowania cyklicznych zmian aktywności gospodarczej budownictwa sprzedaż produkcji budowlano-montażowej poddano dekompozycji sezonowej, po czym, przy pomocy filtru H-P, wyodrębniono tendencję rozwojową. W wyniku podzielenia wielości oczyszczonych z wahań sezonowych i przypadkowych przez wartości oszacowanego trendu, otrzymano indeksy będące cyklicznym składnikiem zmiennej.

W analizowanym przedziale czasowym (VII 1993–XII 2002) w polskim budownictwie dobra koniunktura wystąpiła w latach 1996–1999. Zaobserwowana w następnej kolejności faza spadku aktywności gospodarczej trwała do końca obranego horyzontu czasowego.

Do opisu fluktuacji gospodarczych wykorzystano zestaw jakościowych wskaźników koniunktury, szacowanych przez GUS. Oczyszczone z sezonowości, zostały poddane analizie przyczynowości ekonometrycznej w sensie Grangera. W ten sposób wyodrębniono przesunięcia czasowe jakościowych wskaźników koniunktury w stosunku do zmiennej referencyjnej. Zdobyte informacje wykorzystano w konstrukcji modeli prognostycznych.

W badaniu zastosowano metodę sztucznych sieci neuronowych. Oszacowane modele różniły się sposobem przyporządkowania obserwacji do zbiorów uczącego, walidacyjnego i testowego. Stwierdzono, że losowy dobór przypadków do poszczególnych zbiorów ułatwia dobre odwzorowanie znanych wielkości przy jednoczesnym zachowaniu przez sztuczną sieć zdolności do generalizacji. Na podstawie przeprowadzonej analizy wrażliwości zaobserwowano, że największą wartością prognostyczną charakteryzują się wskaźnik ogólnego klimatu koniunktury w budownictwie oraz wskaźnik wartości produkcji budowlano-montażowej.

Istnieje małe prawdopodobieństwo, aby mechanizmy, które kształtowały koniunkturę gospodarczą w okresie transformacji, powtórzyły się w przyszłości. Integracja z gospodarką europejską i światową wywołuje ewolucję czynników mających wpływ na cykl koniunkturalny. Z tego też powodu istnieje potrzeba dalszych badań związków występujących między poszczególnymi wielkościami opisującymi aktywność rynkową.

Bibliografia

Aczel A. D., *Statystyka w zarządzaniu*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2000.

Adamowicz E., Dudek S., Walczyk K., *Wykorzystanie wyników testu koniunktury do prognoz krótkoterminowych*, Prace i Materiały IRG, Zeszyt nr 73, SGH, Warszawa 2002.

Badania koniunktury. Koniunktura w przemyśle budownictwie i handlu, GUS, Warszawa II 2000.

Cieślak M., *Prognozowanie gospodarcze*, PWN, Warszawa 2001.

Charemza W. W., Deadman D. F., *Nowa ekonometria*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczna, Warszawa 1997.

Dittmann P., *Metody prognozowania sprzedaży w przedsiębiorstwie*, Wydawnictwo AE im. O. Langego we Wrocławiu, Wrocław 2000.

Gajda J. B., *Prognozowanie i symulacja a decyzje gospodarcze*, Wydawnictwo C.H. Beck, Wraszawa 2001.

Gately E., *Sieci neuronowe. Prognozowanie finansowe i projektowanie systemów transakcyjnych*, WIG Press, Warszawa 1999.

Gruszczyński M., Podgórska M., *Ekonometria*, Oficyna Wydawnicza SGH, Warszawa 1996.

Gujarati D. N., *Basic Econometrics*, third edition, McGraw-Hill, International Edition 1995.

Hübner D., Lubiński M., Małecki W., *Koniunktura gospodarcza*, PWE, Warszawa 1994.

Kudyba S., *Are Neural Networks a Better Forecaster?*, *Futures: News, Analysis & Strategies for Futures*, „Options and Derivatives Traders" 1998, Vol. 27, No 10.

Lubiński M., *Analiza koniunktury i badanie rynków*, DW Elipsa, Warszawa 2002, s. 64.

Luszniewicz A., Słaby T., *Statystyka z pakietem komputerowym Statistica PL*, Wydawnictwo C.H. Beck, Warszawa 2001.

Matkowski Z., *Cykle w rozwoju gospodarki polskiej*, Wydawnictwa IRG, Warszawa 1998.

Matkowski Z., *Z prac nad syntetycznymi wskaźnikami koniunktury dla gospodarki polskiej*, IRG, Warszawa, 1997.

Ostasiewicz W., *Statystyczne metody analizy danych*, Wydawnictwo AE im. O. Langego we Wrocławiu, Wrocław 1999.

Rekowski M., *Koniunktura gospodarcza Polski. Analiza grup produktowych*, Akademia, Poznań 1997.

Rutkowska D., Piliński M., Rutkowski L., *Sieci neuronowe, algorytmy genetyczne i systemy rozmyte*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1997.

Sherman H. J., Kolk D. X., *Business Cycles and Forecasting*, H. C. C. Publishers, New York 1996.

Wojtowicz P., *Statystyka w badaniach naukowych. Polska wersja Statistica Neural Networks*, Materiały na seminaria, Warszawa 2000.

Tadeusiewicz T., Lula P., *Sieci neuronowe*, materiał kursowy Statsoft Polska, Kraków 2001.

Jacek Jankiewicz

The use of artificial neural networks in forecasting business conditions in the construction industry

Summary

The aim of the analysis was identification and short-term forecast of fluctuations in economic activity of the Polish construction industry. In order to illustrate cyclical changes in the economic

activity of the chosen sector, a series of construction-assembly production sold was subject to seasonal decomposition. Then by means of Hodrick-Prescott filter a growth tendency was estimated and differentiated.

Information of qualitative character was used in order to describe and forecast construction-assembly production sold. The values estimated on the basis of business survey are characterised by different dependencies with a referential series. Part of them reveal some leads in comparison with the quantitative series, others take a parallel course or lag behind. The study focused on the leading magnitudes. In order to differentiate them and determine the shifts in time, Granger's casuality was studied.

Constructing the prognostic model which took into account non-linear relations between variables, the author used the method of artificial neural networks. Multi-layer perceptrons used in the study are the structures of considerable complexity and high capacity of estimation. The estimated models differed in the way of assigning observations to teaching, validating and testing sets.

Część III

MODELE WYCENY I AGREGATY STATYSTYCZNE