

J.S. Zieliński, W. Bardzki, W. Bartkiewicz, Z. Gontar, B. Matusiak, A. Pamuła
Katedra Informatyki, Uniwersytet Łódzki

A white outline of a world map is centered on a background of horizontal grey lines. The map shows the continents of North America, South America, Europe, Africa, Asia, and Australia. The title text is overlaid on the map.

Inteligentne Systemy Prognozowania

Nauka dla Biznesu, Łódź 2003

Wprowadzenie

- Artykuł prezentuje ofertę Katedry Informatyki dla środowiska biznesowego w zakresie budowy inteligentnych systemów prognozowania. Poruszane tematy w artykule:
- Historia Katedry Informatyki: prezentacja głównych kierunków badań oraz osiągnięć,
- Inteligentny system prognozowania w elektroenergetyce: prezentacja zrealizowanego dla potrzeb praktyki projektu budowy systemu prognozowania godzinowego zapotrzebowania na energię elektryczną
- Systemy inteligentne w zarządzaniu: prezentacja badań nad zastosowaniem systemów ekspertowych, sztucznych sieci neuronowych i algorytmów genetycznych, zwłaszcza w energetyce

Historia Katedry Informatyki: prezentacja głównych kierunków badań oraz osiągnięć

- Historia Katedry Informatyki sięga roku 1972, kiedy został utworzony Zakład Organizacji Przetwarzania Danych (ZEOPD), który obok organizacji dydaktyki w zakresie informatyki, podejmował prace badawcze dla gospodarki z zakresu projektowania systemów informatycznych zarządzania. Doświadczenia zebrane w trakcie tych badań stworzyły silny fundament wykorzystywany w późniejszych pracach naukowych Katedry Informatyki, w którą przekształcił się ZEOPD.
- Pierwszą pracą badawczą w Zakładzie Organizacji Przetwarzania Danych był temat węzłowy 06.3.1.(MR.I.30) "Komputeryzacja systemu informatycznego gospodarki terenowej i administracji terenowej na przykładzie Łodzi". Pracami kierował prof. dr hab. Józef Szczepaniak. Problematyka badawcza dotyczyła komputeryzacji systemu informacyjnego gospodarki i administracji terenowej w Łodzi.

Historia Katedry Informatyki: prezentacja głównych kierunków badań oraz osiągnięć

- Prace obejmowały kompleksową analizę systemu informacyjnego gospodarki terenowej i administracji terenowej na wszystkich szczeblach zarządzania: wojewódzkim, miejskim, dzielnicowym i gminnym. Przeprowadzona analiza pozwoliła określić potrzeby informacyjne i na ich tle potencjalne funkcje i obszary zastosowań systemów informatycznych. W szczególności zespół zajął się projektem systemu informatycznego dla potrzeb zarządzania usługami w regionie oraz systemem informatycznym planowania i analizy sieci usług w aglomeracji miejskiej.
- W 1975 roku na podstawie umowy zawartej pomiędzy Uniwersytetem Łódzkim a Łódzkim Kombinatem Budowlanym „Zachód” powołano zespół naukowo-badawczy pod kierunkiem prof. dr. hab. Józefa Szczepaniaka. Celem zespołu było zaprojektowanie oraz wdrożenie systemu informatycznego usprawniającego zarządzanie produkcją, transportem i montażem elementów wielkopłytowych.

Historia Katedry Informatyki: prezentacja głównych kierunków badań oraz osiągnięć

- W drugiej połowie lat osiemdziesiątych, Profesor Jerzy S. Zieliński zainicjował badania nad systemami informatycznymi zarządzania w elektroenergetyce, nawiązujące do planowanej wówczas reorganizacji w tej dziedzinie. Obiektem badań był Zakład Energetyczny Łódź-Miasto i jego Rejony. Wyniki analizy systemów informacyjnych zarządzania w tym zakładzie, ułatwiły podjęcie przez zespół Katedry zaprojektowania systemu informatycznego dla kierownictwa w tym Zakładzie i wdrożenia kilku modułów tego systemu.
- Powyższa tematyka kontynuowana była w Katedrze Informatyki również w pierwszej połowie lat dziewięćdziesiątych, w ramach prowadzonego w 1992 roku, projektu celowego nr 452/CS6-9/93: „Wykonanie i uruchomienie Oprogramowania Systemu Informatycznego dla Kierownictwa w Zakładzie Energetycznym”.

Historia Katedry Informatyki: prezentacja głównych kierunków badań oraz osiągnięć

- Na przełomie lat osiemdziesiątych i dziewięćdziesiątych, Profesor Jerzy S. Zieliński zapoczątkował badania nad zastosowaniami sztucznej inteligencji w zarządzaniu w Katedrze Informatyki. Podjęcie tych badań było pionierską inicjatywą w łódzkim środowisku naukowym i zaowocowało wspólnym zorganizowaniem w 1996 roku konferencji „Colloquia on Artificial Intelligence”. Kolejne konferencje CAI odbyły się w 1998 i 2000 roku, w 2002 roku konferencja zmieniła nazwę na „Artificial Intelligence in Control and Management”.
- Równoległe badania nad zastosowaniami sztucznej inteligencji i informatycznym wspomaganie wybranych problemów elektroenergetyki, w drugiej połowie lat dziewięćdziesiątych przekształciło się w zastosowania sztucznej inteligencji w zarządzaniu energetyką.

Inteligentny system prognozowania w elektroenergetyce

- Począwszy od połowy lat dziewięćdziesiątych jednym z wiodących tematów badań w Katedrze Informatyki była problematyka prognozowania zapotrzebowania na energię elektryczną. Prognozy tego typu mają istotne wpływ na proces ekonomicznego i wiarygodnego zarządzania systemem elektroenergetycznym. Procedury decyzyjne w systemie elektroenergetycznym realizowane są zwykle z różnym wyprzedzeniem czasowym. Dotyczą one zarówno planowania rozwoju systemu, transakcji, wielkości produkcji i przesyłu, zapasów paliwowych, jak również i bieżącego nim sterowania.
- Prace związane z prognozowaniem zapotrzebowania energii w Katedrze Informatyki prowadzone były w ramach szeregu programów badawczych.

Inteligentny system prognozowania w elektroenergetyce

- Początkowy okres prac, w latach 1994 – 1997, związany jest z projektem SJEP-07149-94 „Escadina” pod nazwą „Nowe techniki w sterowaniu elektroenergetyką”, realizowanym w ramach programu TEMPUS wspólnie z Instytutem Inżynierii Systemowej i Obliczeń Komputerowych w Porto oraz Politechniką Ateńską.
- W następnym etapie, począwszy od roku 1997 do roku 2000, badania prowadzone były w ramach projektu celowego Nr 8T 10B 035 97C/3430 „Analiza narzędzi sztucznej inteligencji i opracowanie metody prognozowania krótkoterminowego zapotrzebowania na energię elektryczną przy użyciu wybranych narzędzi komputerowych”, prowadzonego we współpracy z Zamojską Korporacją Energetyczną S.

Inteligentny system prognozowania w elektroenergetyce

- Efektem tych prac było budowa i wdrożenie w Zamojskiej Korporacji Energetycznej S.A. systemu prognostycznego opartego na technologii sieci neuronowych. Nieliniowy charakter przetwarzania, w jednostkach sieci neuronowej pozwala na realizację przez nią dowolnego odwzorowania między wejściem, a wyjściem, bez zakładania z góry formy tej zależności.
- Po zakończeniu w roku 2000 projektu celowego, prace badawcze nad tematyką modelowania procesu zapotrzebowania energii kontynuowane są w ramach międzynarodowych umów o współpracy dwustronnej: polsko – greckiej prowadzonej wspólnie z Politechniką Ateńską oraz polsko – ukraińskiej z Instytutem Elektrodynamiki Ukraińskiej Akademii Nauk w Kijowie.

System prognozowania zapotrzebowania energii elektrycznej

- Poniżej, opiszemy pokrótce opracowany i wdrożony w Zamojskiej Korporacji Energetycznej S.A. system prognozowania zapotrzebowania energii elektrycznej „Prognoza”. U podstaw budowy systemu legły następujące założenia:
- Zadaniem prezentowanego programu jest sporządzanie godzinnej prognozy energii z wyprzedzeniem dwudniowym.
- System wykorzystuje model prognostyczny oparty na warstwowej sieci neuronowej.
- System obejmuje również podstawowe operacje do gromadzenia oraz zarządzania bazą obserwacji pomiarowych, niezbędnych do uzyskania prognozy oraz estymacji parametrów modelu. Funkcje te mają jednak charakter służebny w stosunku do modułu prognostycznego i nie należy ich traktować jako kompleksowego systemu zarządzania bazą danych pomiarowych w przedsiębiorstwie

System prognozowania zapotrzebowania energii elektrycznej

- W związku z brakiem odpowiedniej infrastruktury technicznej oraz informatycznej, system zasilany jest poprzez wprowadzanie ręczne (lub przy wykorzystaniu możliwości dostarczanych przez aplikacje zewnętrzne) obserwacji pomiarowych do bazy danych systemu.
- Oprogramowanie pracuje w środowisku 32-bitowego MS Windows (Windows NT/95).
- Wymagania sprzętowe i programowe zdeterminowane są przez środowisko pracy programu (Windows NT/95). System nie narzuca żadnych dodatkowych ograniczeń w tym względzie.
- Zgodnie z przedstawionymi założeniami, w skład systemu wchodzi cztery podstawowe moduły: „Obsługa bazy danych”, „Wykresy obciążeń”, „Prognoza”, „Analiza danych”.

System prognozowania zapotrzebowania energii elektrycznej

- Moduł obsługi bazy danych obciążeń historycznych zawiera podstawowe funkcje: wprowadzenie nowych danych, import danych, nawigacja w obrębie istniejącej bazy danych
- Moduł prognozy obsługiwany jest przez okno główne modułu prognozy.
- Moduł analizy składa się z szeregu ekranów, prezentujących wyniki analizy modelu prognostycznego w określonym przekroju.

System prognozowania zapotrzebowania energii elektrycznej

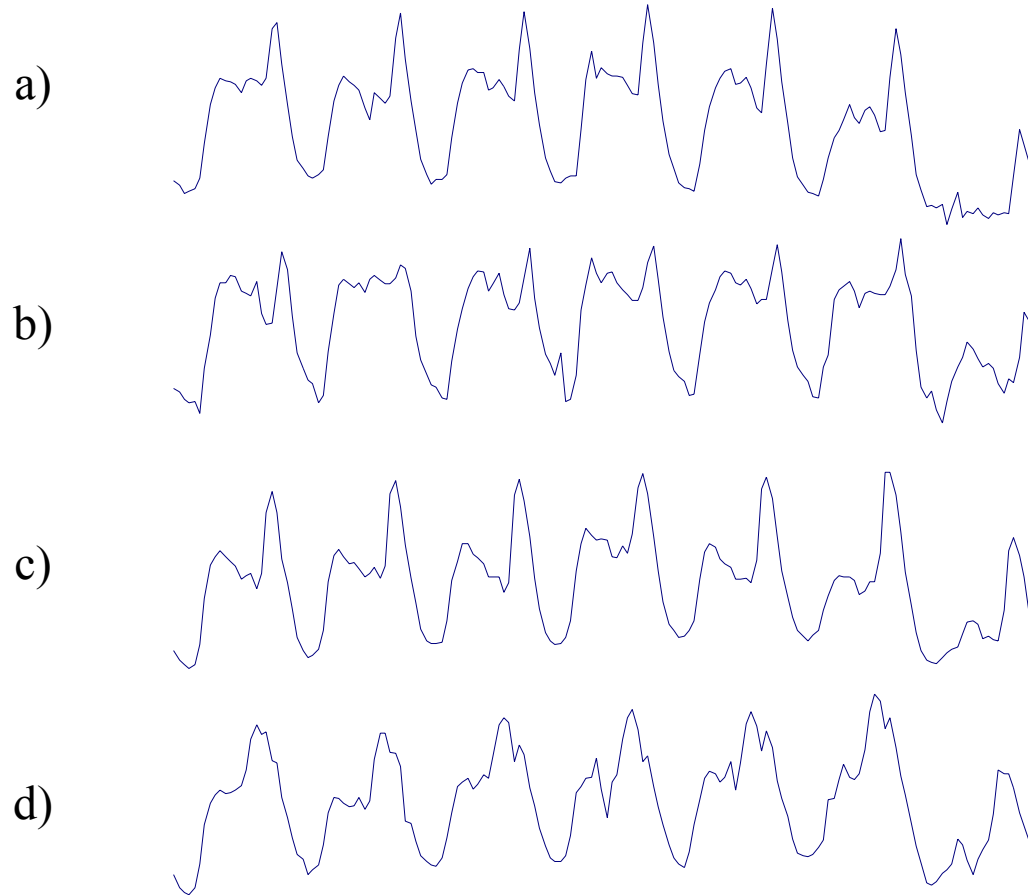
- Moduł Wykresy obciążeń służy do wizualizacji danych dotyczących obciążenia sieci elektroenergetycznej. W module istnieje możliwość tworzenia wykresów liniowych zawierających wizualizację danych dla wybranych okresów oraz dla wybranych godzin, zapisywanie wykresów na dysku, ich drukowanie oraz kopiowanie. Istnieje możliwość jednoczesnego wyświetlenia kilku wykresów (max 5) ze wskazanych dni, okresów oraz godzin. Wykresy mogą dotyczyć wszystkich dni z wybranych okresów lub tylko dni świątecznych (wolnych od pracy).
- W obecnej wersji, w module wyróżnia się trzy rodzaje wykresów, a mianowicie: wykres dobowy, wykres dla wybranego okresu, wykres dla wybranej godziny.

System prognozowania zapotrzebowania energii elektrycznej

- Po wykonaniu prognozy możliwe jest przeglądanie wyników prognozy, operacje edycyjne na nich wykonywane (zapis, drukowanie, oraz eksport do notatnika systemowego) oraz uruchomienie modułu analizy prognoz.
- Moduł analizy danych pozwala na prześledzenie dokładności prognozy w wybranym przedziale czasu oraz określenie obszarów ufności dla bieżącej prognozy. Wywoływany jest on z głównego okna prognozy systemu.
- Podstawowe funkcje realizowane przez moduł analizy: prezentacja błędów sumarycznych popełnionych przez model w całym wybranym okresie analizy, prezentacja dokładności działania modelu dla wybranego dnia, prezentacja dokładności działania modelu dla wybranej godziny, prezentacja dokładności działania prognoz dobowych dla wszystkich dni wybranego okresu, określenie obszarów ufności prognozy obciążeń.

Proces obciążenia sieci:

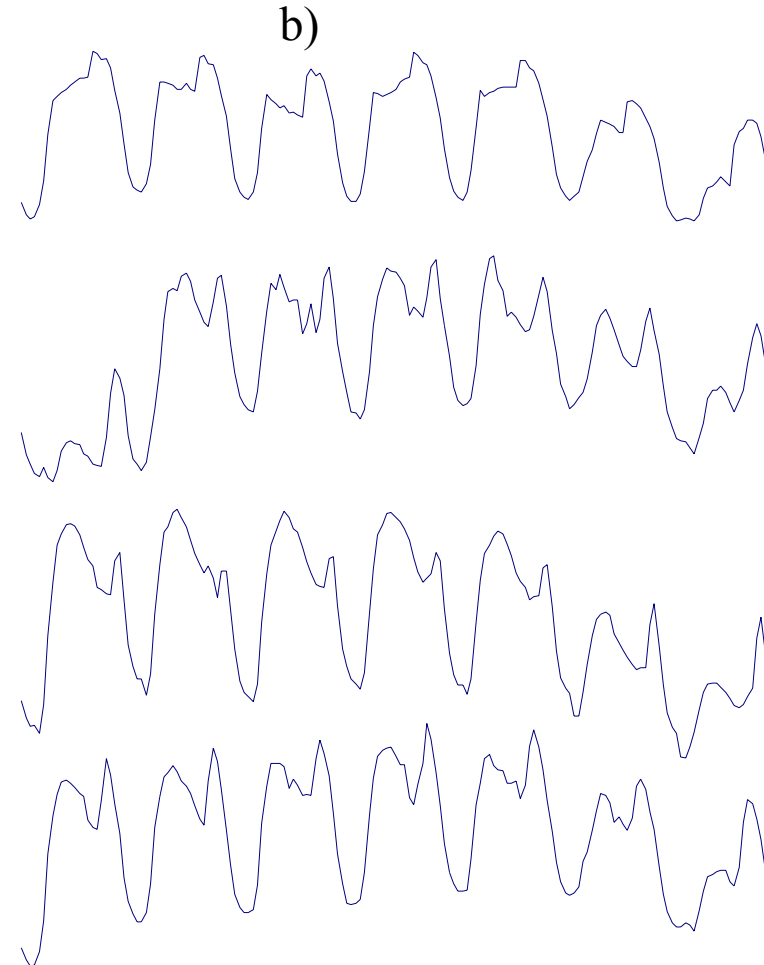
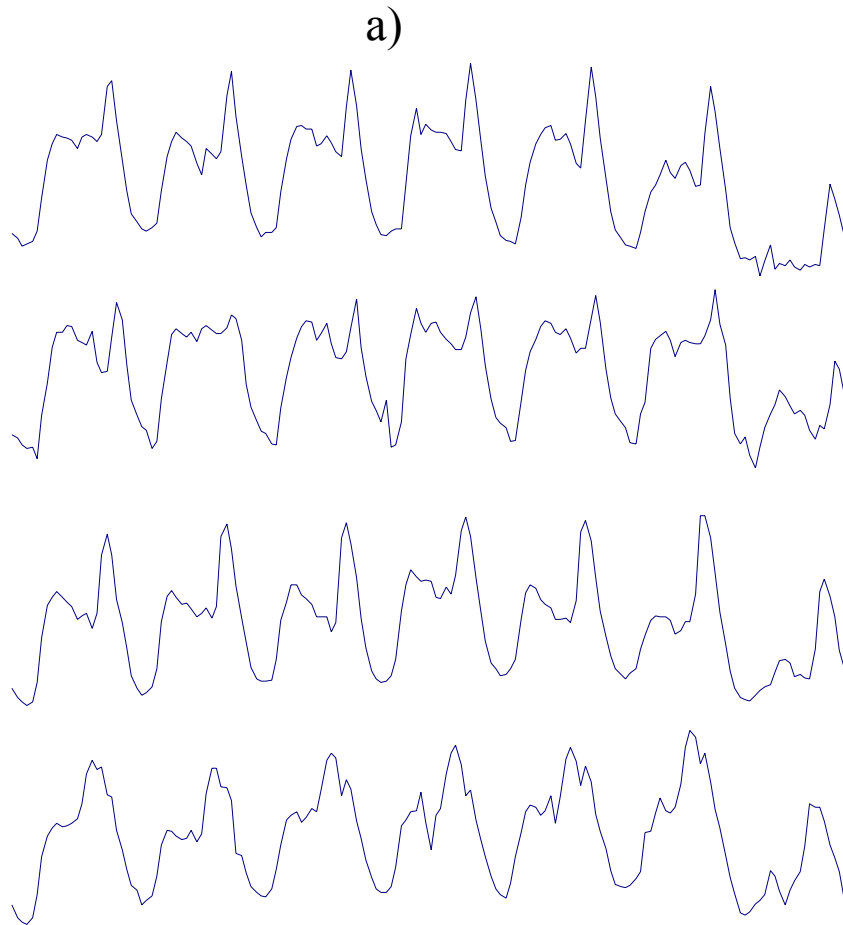
(tygodniowy wykres procesu, od poniedziałku do niedzieli: wiosną – a, latem – b, jesienią – c, zimą – d)



Szeregi czasowe obciążenia sieci wykazują silne okresowości dobowe i tygodniowe oraz nieliniowy trend uwarunkowany w dużej mierze czynnikami makroekonomicznymi. Odmienne zachowanie procesu w poszczególnych godzinach sprawia, że jakość prognozy dla poszczególnych godzin jest różna.

Proces obciążenia sieci:

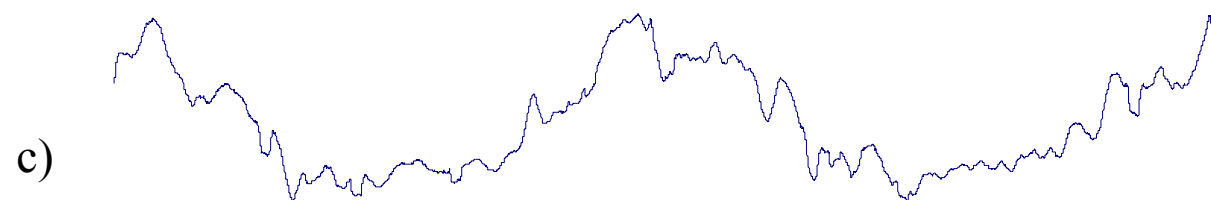
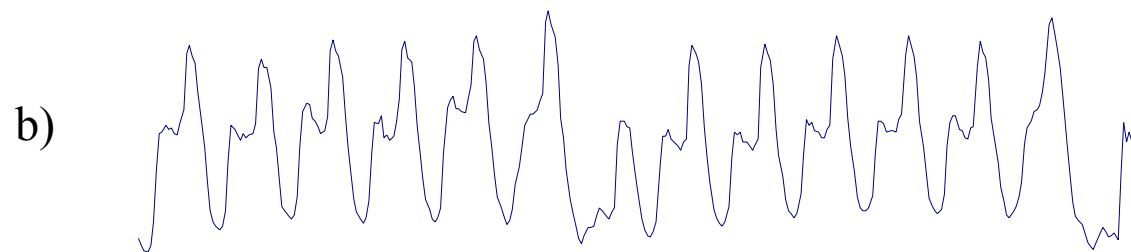
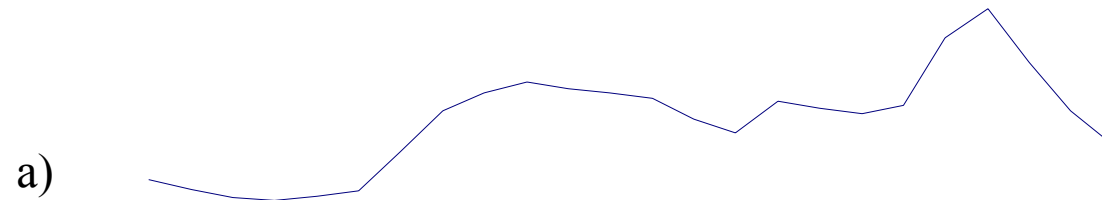
(tygodniowy wykres procesu, od poniedziałku do niedzieli: zakład a – a, zakład b– b)



Widoczny jest wyraźnie odmienny przebieg procesu w tym samym okresie w dwóch ZE. Powoduje to konieczność przygotowania modelu prognostycznego praktycznie od początku dla każdego ZE.

Proces obciążenia sieci:

(dobowy – a, 2-tygodniowy – b, 3-letni – c wykres procesu)



Przebieg procesu w dni robocze jest z reguły odmienny, niż w dni weekendowe. Widoczne okresowości tygodniowe zaburzone są przez dni świąteczne.

Systemy inteligentne w zarządzaniu

- Prognozowanie w elektroenergetyce pozostaje głównym tematem badawczym Katedry Informatyki. Równolegle, prowadzone są prace badawcze w innych dziedzinach. Wymienimy je pokrótce:
- Planowanie transakcji na rynku energii
- Zastosowanie algorytmów genetycznych w bankowości
- Wykorzystanie systemów ekspertowych w rewizji finansowej
- Inteligentne systemy hybrydowe
- Komunikacja człowiek-komputer
- Zastosowania arkusza kalkulacyjnego w zarządzaniu
- Metodologia nauczania informatyki ekonomicznej

System Prognoza:

(okno prognozy)

The screenshot displays the 'Prognoza 3.0' application window. The main window title is 'Prognoza 3.0' and the menu bar includes 'System', 'Prognoza', and 'Pomoc'. A secondary window titled 'Prognoza zapotrzebowania energii elektrycznej' is active, showing a menu with 'Plik', 'Edycja', and 'Prognozy'. The toolbar contains icons for file operations and buttons for 'Prognoza' and 'Analizy'. The interface is divided into several sections:

- Date Selection:** A dropdown menu shows '2000-11-29'.
- Forecast Parameters:** Two panels for '2000-11-29' and '2000-11-30' allow setting 'TMin' and 'TMax' values, and a checkbox for 'Dzień wolny' (Free Day).
- Forecast Table:** A table with columns 'Godzina' (Hour) and 'Prognoza' (Forecast) for the date '2000-11-30'.

Godzina	Prognoza
1	201584
2	194943
3	191676
4	189507
5	191631
6	202034
7	230117
8	251288
9	263605
10	266002
11	261903
12	258691
13	256331
14	250502
15	259256

System Prognoza:

(ocena jakości modelu prognozy)

Błędy sumaryczne [01.01.1999 - 04.12.2000]

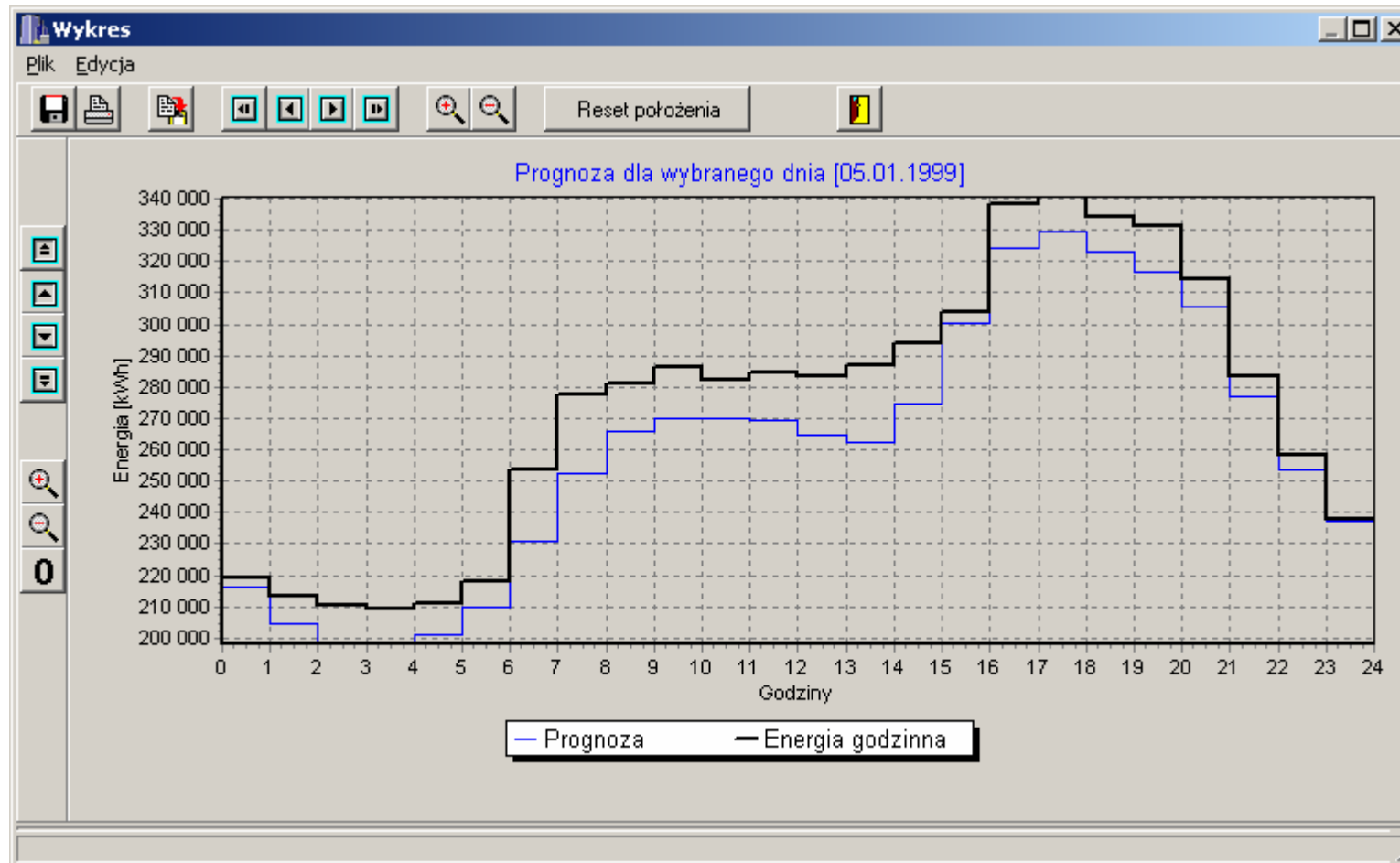
Plik Edycja Analiza szczegółowa Obszary ufności

Błąd średni **8959** Błąd średni [%] **4.10%**
Błąd maksymalny **233103** Błąd maksymalny [%] **78.55%**

Godzina	Bł. średni	Bł maks.	Bł. średni [%]	Bł maks. [%]
1	7311	110799	3,85%	44,68%
2	7390	79567	4,16%	40,96%
3	6614	48305	3,83%	34,65%
4	5850	50141	3,39%	36,87%
5	5843	46477	3,40%	32,88%
6	6543	51323	3,71%	30,81%
7	9531	127430	4,85%	71,15%
8	9681	115204	4,62%	78,55%
9	8507	110154	3,76%	74,58%
10	8628	93393	3,72%	55,40%
11	9514	90450	4,13%	52,76%
12	9678	80208	4,18%	44,28%
13	9576	68466	4,15%	34,73%
14	10636	226164	4,57%	44,98%
15	10728	174119	4,61%	67,33%
16	11812	145600	4,96%	51,15%
17	11313	233103	4,68%	65,50%
18	10278	82696	4,33%	26,81%
19	11817	82696	4,74%	42,71%

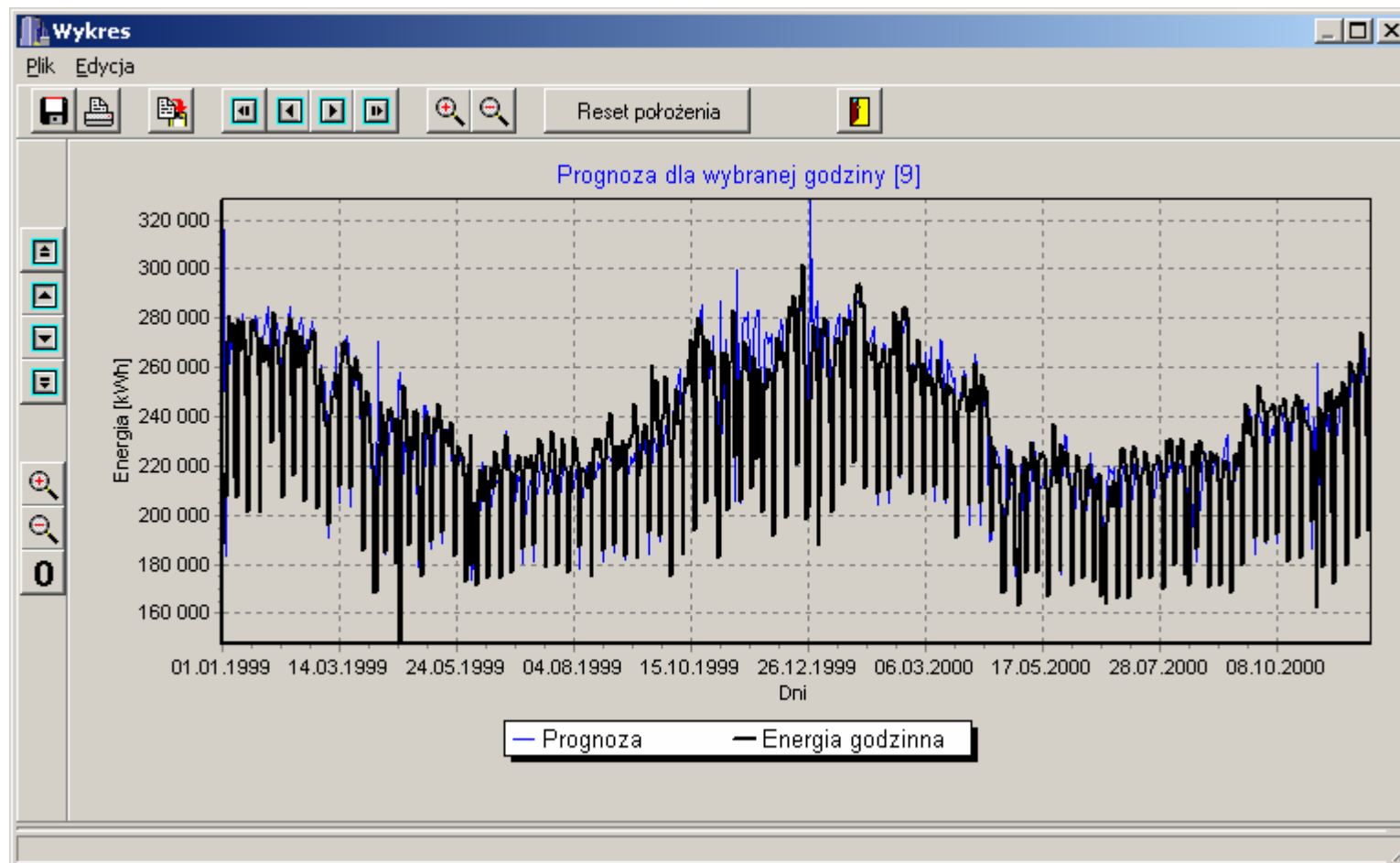
System Prognoza:

(ocena jakości modelu prognozy)



System Prognoza:

(ocena jakości modelu prognozy)



System Prognoza:

(obszary ufności prognozy)

Obszary ufności bieżącej prognozy

Plik Edycja Wykres

Prawdopodobieństwo 90 % Przelicz

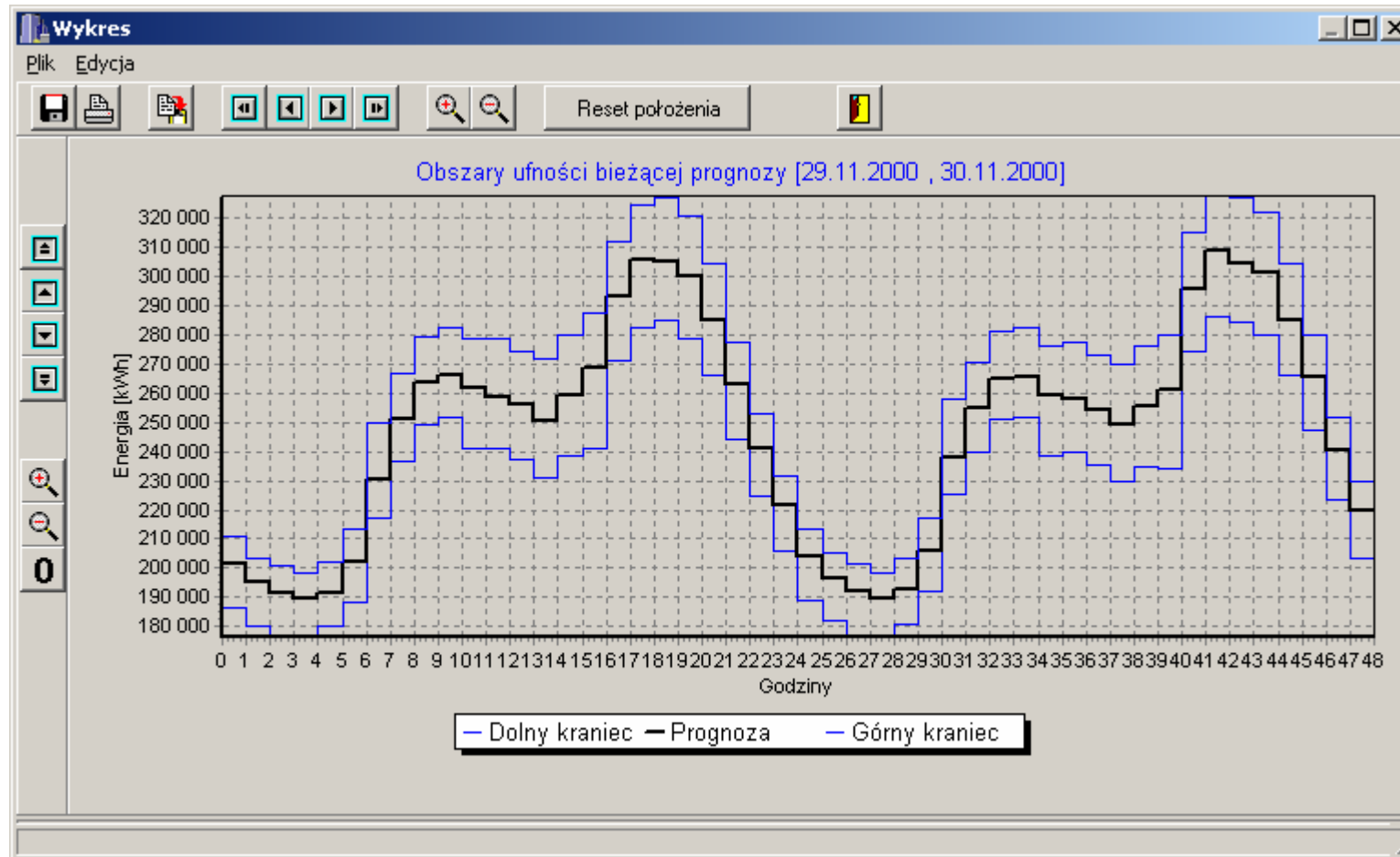
29.11.2000 30.11.2000

Liczba obserwacji 665

Godzina	Od	Prognoza	Do
1	186251	201584	210958
2	180217	194943	203513
3	176661	191676	201078
4	176425	189507	198304
5	180005	191631	202172
6	188545	202034	213676
7	217506	230117	250007
8	236456	251288	266812
9	249365	263605	279567
10	251710	266002	282516
11	241138	261903	278653
12	240931	258691	278418
13	237406	256331	274617
14	231164	250502	271713
15	238579	259256	279979
16	241214	268710	287515
17	271366	292965	312160

System Prognoza:

(obszary ufności prognozy)



System Prognoza:

(wizualizacja danych)

The screenshot displays the 'Prognoza 3.0' application window. The main window has a menu bar with 'System', 'Prognoza', and 'Pomoc'. A 'Wizualizacja danych' dialog box is open, showing a date selector set to '2000-12-04', temperature range 'TMin 0,6' and 'TMax 6,5', and a 'Doba razem' (Total Day) value of '5853702,8'. A grid of 18 data points is visible, with values ranging from 173197,2 to 304592,2. A 'Wykres' (Chart) button is present. An 'Import danych' dialog box is also open, showing a file path 'D:\witek\cpp\borland_builder\zamosc\bezcem_gen\dane\ZKE-CEM.csv'. It contains a table with 8 columns: 'Wiersz', 'Data', 'G1', 'G2', 'G3', 'G4', 'G5', and 'G6'. The table lists 5 rows of data from 1997-11-15 to 1997-11-19. Below the table, there are three steps of a process: 'Krok 1: Testowanie formalnej poprawności zawartości pliku...', 'Krok 2: Testowanie merytorycznej poprawności zawartości pliku...', and 'Krok 3: Właściwy import danych...'. At the bottom, there are checkboxes for 'Nadpisuj dane' and 'Importuj', and a 'Zamknij' button.

Wizualizacja danych

Data: 2000-12-04 TMin: 0,6 TMax: 6,5 Wykres

Dzień wolny Doba razem: 5853702,8 Import danych

1	179502,4	9	263742,6	17	304592,2
2	174603	10	268917	18	304103,8
3	171991,6	11	264994,4	19	295046,4
4	173197,2	12	265196,8		
5	180870,8	13	262345,6		
6	196957,2	14	264820,6		
7	231026,4	15	264613,8		
8	253640,2	16	276997,6		

Import danych: D:\witek\cpp\borland_builder\zamosc\bezcem_gen\dane\ZKE-CEM.csv

Wiersz	Data	G1	G2	G3	G4	G5	G6
1	1997-11-15	171894.80	160784.80	156153.80	150948.60	152812.00	158587.00
2	1997-11-16	155036.20	155672.00	144669.80	139926.60	140685.60	143114.40
3	1997-11-17	152105.80	144139.60	140294.00	137823.40	149723.20	163565.60
4	1997-11-18	182650.60	174167.40	168025.00	163094.80	163530.40	175181.60
5	1997-11-19	194708.80	181189.80	176103.40	169426.40	168445.20	179902.80

Krok 1: Testowanie formalnej poprawności zawartości pliku na ilość kolumn ...
Sprawdzono 1250 wiersz(-e,-y), w których nie wykryto błędnej ilości kolumn.

Krok 2: Testowanie merytorycznej poprawności zawartości pliku ...
Nie wykryto błędów merytorycznych.

Krok 3: Właściwy import danych ...
Dane energetyczne wykryto począwszy od 1 wiersza

Nadpisuj dane Importuj Zamknij

System Prognoza:

(wizualizacja danych)

