

A07h

122/2001

Instytut Badań Systemowych PAN

Raport IBS PAN/PMK i I/01/2001

**O pewnych wynikach badawczych
będących rezultatem projektów KBN
realizowanych przez IBS PAN**

Pod redakcją Jana Studzińskiego

Warszawa 2001

Instytut Badań Systemowych PAN

Raport IBS PAN/PMK i I/01/2001

**O pewnych wynikach badawczych
będących rezultatem projektów KBN
realizowanych przez IBS PAN**

Pod redakcją Jana Studzińskiego

Warszawa 2001

W Raporcie przedstawiono dwa artykuły będące wynikiem projektów badawczych KBN realizowanych przez Instytut w 2001 r.

Pierwszy artykuł (autorstwa R. Kulikowskiego, L. Krusia i J. Studzińskiego) dotyczy metodologii oceny projektów innowacyjnych. Metodologia została opracowana przez Romana Kulikowskiego i Lecha Krusia i w pierwotnej wersji przeznaczona do ilościowych szacunków ryzyka, optymalnych kosztów i czasu trwania oraz spodziewanych zysków z realizacji dużych przedsięwzięć gospodarczych o charakterze innowacyjnym, jako pomoc dla potencjalnych wykonawców i inwestorów tych przedsięwzięć. W przedstawionym artykule ta metodologia została zaadoptowana do oceny wniosków projektów celowych KBN, na przykładzie projektu pn. Komputerowy system modelowania, projektowania i sterowania siecią wodociagową w Rzeszowie, który był realizowany przez IBS PAN i wdrażany w Miejskim Przedsiębiorstwie Wodociągów i Kanalizacji w Rzeszowie.

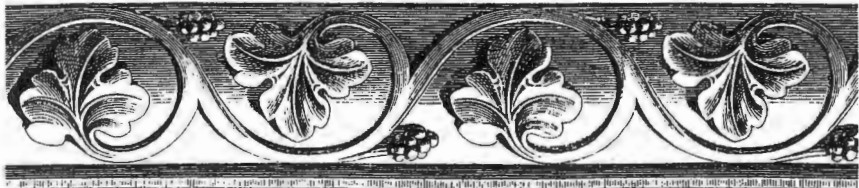
Artykuł był prezentowany na konferencji pn. Komputerowe Systemy Wielodostępne KSW'2001 w Ciechocinku w br. i został zamieszczony w książce pt. Rozwój i Zastosowania Technologii i Systemów Informatycznych, wydanej przez IBS PAN pod redakcją J. Studzińskiego, L. Drelichowskiego i O. Hryniewicza.

Drugi artykuł (autorstwa J. Łomotowskiego, M. Rojka i J. Studzińskiego) omawia pewną koncepcję archiwizowania danych pomiarowych zbieranych przez automatyczne systemy monitoringu. Systemy takie generują ogromne ilości danych, które są gromadzone i rzadko wykorzystywane praktycznie z powodu ich nadmiaru i braku przejrzystości. Koncepcja archiwizowania przedstawiona w artykule polega na tworzeniu modeli matematycznych dla standardowych składowych przebiegów pomiarowych i nie rejestrowaniu pomiarów, które mogą być odtworzone za pomocą tych modeli. W rezultacie zapamiętuje się mniejsze zbiory danych i jednocześnie dokonuje się ilościowej i jakościowej oceny gromadzonych pomiarów.

Artykuł powstał w wyniku projektu badawczego pn. Opracowanie systemu archiwizacji danych pochodzących z monitoringu meteorologicznego z wykorzystaniem szeregów czasowych, realizowanego przez Akademię Rolniczą we Wrocławiu i IBS PAN, i został zamieszczony w książce pt. Problematyka Pomiarów i Opracowań Elementów Meteorologicznych, wydanej przez Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie pod redakcją J. Wojtanowicza i B.M. Kaszewskiego.

Spis treści

1. Metodologia oceny projektów innowacyjnych na przykładzie projektu celowego zrealizowanego MPWiK w Rzeszowie (*R. Kulikowski, L. Kruś, J. Studziński*)..... 1
2. Metody archiwizacji danych pochodzących z automatycznych stacji meteorologicznych (*J. Łomotowski, M. Rojek, J. Studziński*)..... 14



ANNALES

UNIVERSITATIS MARIAE CURIE-SKŁODOWSKA

SECTIO B

GEOGRAPHIA,
GEOLOGIA, MINERALOGIA
ET PETROGRAPHIA



VOL. LV/LVI

LUBLIN

2000/2001

UNIwersytet Marii Curie-Skłodowskiej
ISSN 0137-1983

Publikacja dofinansowana
przez
Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej w Lublinie

REDAKTORZY
JÓZEF WOJTANOWICZ
BOGUSŁAW M. KASZEWSKI

RECENZENCI
HALINA LORENC, CZESŁAW KOŹMIŃSKI

OPRACOWANIE REDAKCYJNE
IRENA PIELAK

WSPÓLPRACA REDAKCYJNA
JOLANTA JANASZ

PROJEKT OKŁADKI I STRON TYTUŁOWYCH
JERZY DURAKIEWICZ

SKŁAD I ŁAMANIE
„BEZ ERRATY”
JOANNA DYSZCZYK

KOREKTA TEKSTÓW
w języku angielskim
JADWIGA BRANICKA
JERZY WARAKOMSKI

ISSN 0137-1983

WYDAWNICTWO UNIWERSYTETU MARII CURIE-SKŁODOWSKIEJ
20-031 Lublin, pl. Marii Curie-Skłodowskiej 5, tel. (0-81) 537-53-02, 537-53-04

A N N A L E S
UNIVERSITATIS MARIAE CURIE-SKŁODOWSKA
LUBLIN — POLONIA

VOL. LV/LVI, 26

SECTIO B

2000/2001

*Instytut Budownictwa i Architektury Krajobrazu, Akademia Rolnicza we Wrocławiu

**Katedra Agro- i Hydrometeorologii, Akademia Rolnicza we Wrocławiu

***Instytut Badań Systemowych PAN w Warszawie

JANUSZ ŁOMOTOWSKI*, MARIAN ROJEK**, JANUSZ STUDZIŃSKI***

*Metody archiwizacji danych
pochodzących z automatycznych stacji meteorologicznych*

Data acquisition systems for automatic weather stations

WPROWADZENIE

Poznanie przyrody i zjawisk w niej zachodzących zależy nie tylko od stosowanych metod pomiarowych, ale również od możliwości opracowywania zebranych zbiorów danych i przekazywania informacji innym badaczom. Wynalezienie druku pozwoliło zrewolucjonizować dostępność myśli, idei i teorii i skierować je do większej liczby ludzi. Pierwotne metody przekazywania informacji, oparte głównie na przekazie ustnym i tradycji, były obciążone zbyt dużym błędem, co w konsekwencji hamowało rozwój nauk przyrodniczych. Dopiero druk pozwolił na gromadzenie i systematyzowanie doświadczeń wielu anonimowych autorów. Podwaliny teorii Newtona, Kopernika, Einsteina i wielu innych stworzyli bezimienni badacze zbierający dane będące świadectwem sprzeczności teorii z empirią.

Koniec wieku XX to nowa rewolucja informacyjna spowodowana elektronicznymi systemami zbierania, opracowywania i przekazywania danych. Elektronika staje się wszechobecna i nie dziwi fakt, że znalazła zastosowanie w tak ważnej dziedzinie badań, jaką jest meteorologia. Automatyczne stacje meteorologiczne stają się powszechnym narzędziem nie tylko zbierania danych, ale także ich natychmiastowego opracowywania.

W porównaniu z tradycyjnymi metodami pomiarowymi automatyczne stacje meteorologiczne pozwalają na rejestrację mierzonych parametrów z częstością do ułamka sekundy. Gromadzenie takich ilości danych wydaje się niecelowe, jednak nie można zapominać, że zwiększenie częstotliwości wykonywania pomiarów pozwala zmienić skalę poznawczą.

ANALIZA SZEREGÓW CZASOWYCH W BADANIACH METEOROLOGICZNYCH

W wyniku prowadzonych obserwacji meteorologicznych uzyskuje się zbiór zarejestrowanych wyników pomiarów, przy czym zachowany jest stały okres czasu τ pomiędzy pomiarami. Otrzymana w ten sposób macierz m pomiarów dla jednego parametru:

$$Z_t = [z_1, \dots, z_{t-1}, z_t, \dots, z_m] \quad [1]$$

nazywa się szeregiem czasowym.

W wielu szeregach czasowych można wyszczególnić dwie składowe: deterministyczną (D_t) i stochastyczną (N_t) (von Storch, Zwiers 1999):

$$Z_t = D_t + N_t. \quad [2]$$

W roku 1936 Shaw wprowadził do badań wyników pomiarów meteorologicznych analizę harmoniczną. Poszukiwanie istotnych składowych harmonicznym za pomocą szybkiej transformacji Fouriera i periodogramu jest dziś standardową metodą analizy szeregów czasowych. Dobowe i roczne składowe harmoniczne w szeregu czasowym danych meteorologicznych wynikają z ruchu Ziemi dookoła Słońca. Składowe te mają charakter deterministyczny, gdyż ich istnienie można wytłumaczyć zjawiskami fizycznymi.

Od początku lat pięćdziesiątych, głównie za sprawą rozwoju numerycznych metod przetwarzania danych, w opracowaniu meteorologicznych szeregów czasowych wykorzystuje się analizę trendu. Początkowo poszukiwano trendu liniowego lub modeli funkcji, które można było zlinearyzować stosując proste transformacje zmiennych. Wynikało to z dużej pracochłonności obliczeń oraz zastosowania metody najmniejszych kwadratów do estymacji parametrów regresji liniowej.

Obecnie do poszukiwania składowych deterministycznych powszechnie stosuje się metodę regresji nieliniowej z algorytmem Marquardta, pozwalającym na estymację parametrów dowolnej funkcji rzeczywistej.

Z różnicy pomiędzy składową pomierzoną a deterministyczną uzyskuje się szereg czasowy o charakterze stochastycznym (losowym). Szereg czasowy N_t może być stacjonarnym lub niestacjonarnym procesem stochastycznym. Proces

stochastyczny jest stacjonarny, jeżeli pozostaje w równowadze względem stałego poziomu μ określonego wartością oczekiwaną:

$$\mu = \frac{\sum_{t=1}^m n_t}{m} \quad [3]$$

oraz nie ulega zmianie rozkład prawdopodobieństwa. Stacjonarne szeregi czasowe z wymierną gęstością widmową można modelować ogólną zależnością:

$$n_t = m + F(B) \cdot \varepsilon, \quad [4]$$

gdzie $F(B)$ jest funkcją wymierną operatora przesunięcia wstecz zdefiniowanego następująco:

$$B \varepsilon_n = \varepsilon_{n-1}; \quad B^m \varepsilon_n = \varepsilon_{n-m}, \quad [5]$$

a $\varepsilon = [\varepsilon_t]$ jest zmienną losową (ciągiem losowym) o rozkładzie $N(\mu, \sigma_\varepsilon)$ o nieskorelowanych elementach ε_t noszących nazwę „białego szumu”.

Dla stacjonarnych szeregów czasowych funkcja $F(B)$ przyjmuje postać:

a) dla szeregu czasowego opisanego modelem autoregresji rzędu p , AR (p):

$$F(B) = \varphi^{-1}(B) = \frac{1}{1 - \varphi_1 B - \varphi_2 B^2 - \dots - \varphi_p B^p}, \quad [6]$$

skąd wynika zależność:

$$\varphi(B) N_t = \varepsilon_t, \quad [7]$$

b) dla szeregu czasowego opisanego modelem średniej ruchomej rzędu q , MA (q):

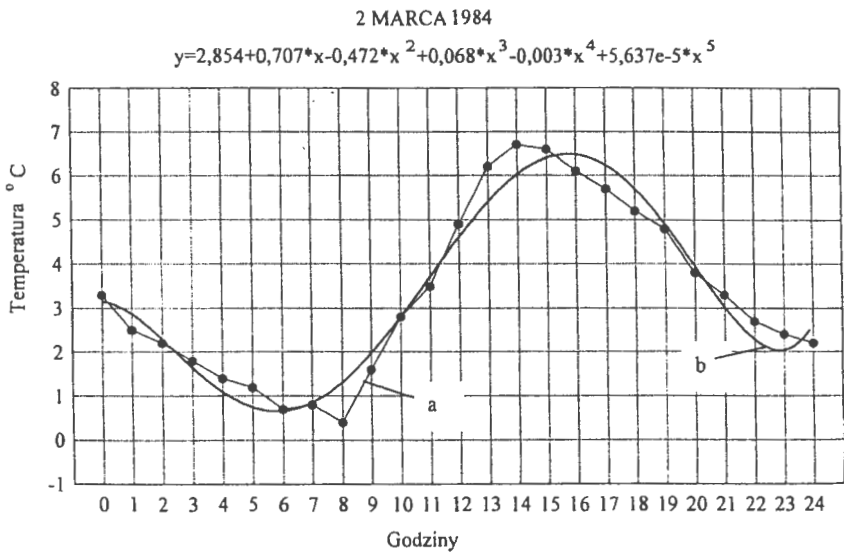
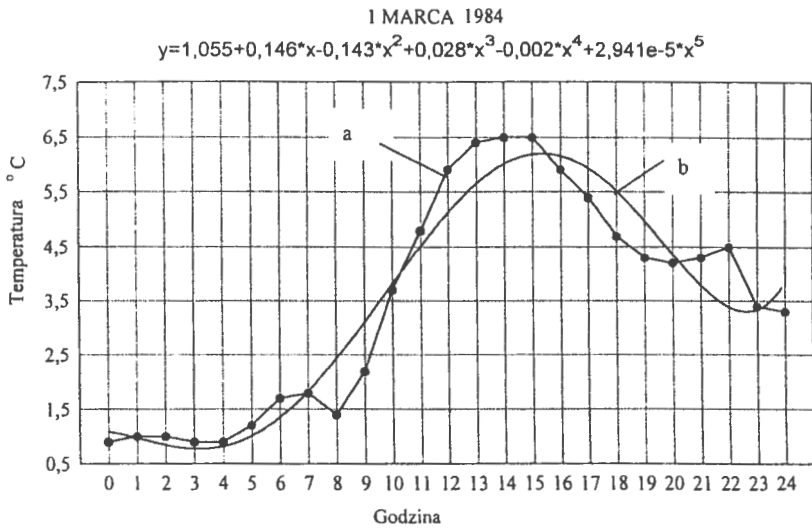
$$F(B) = \Theta(B) = 1 - \Theta_1 B - \Theta_2 B^2 - \dots - \Theta_q B^q, \quad [8]$$

skąd:

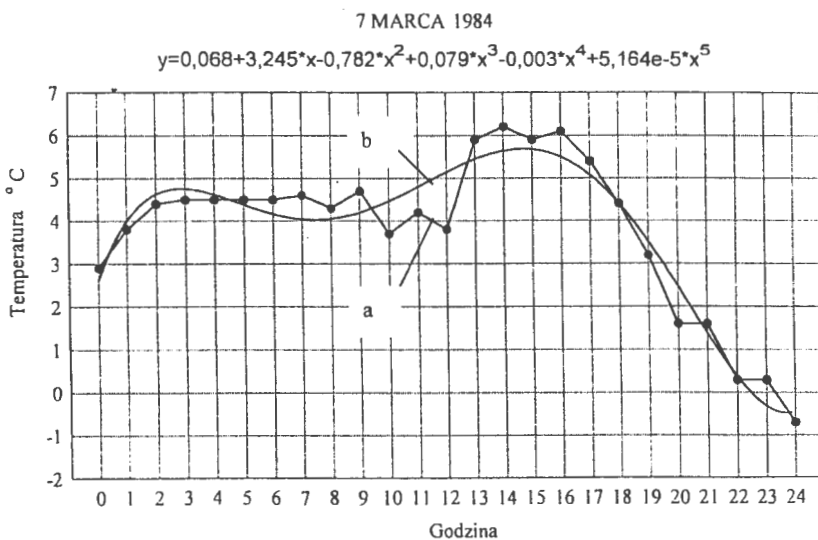
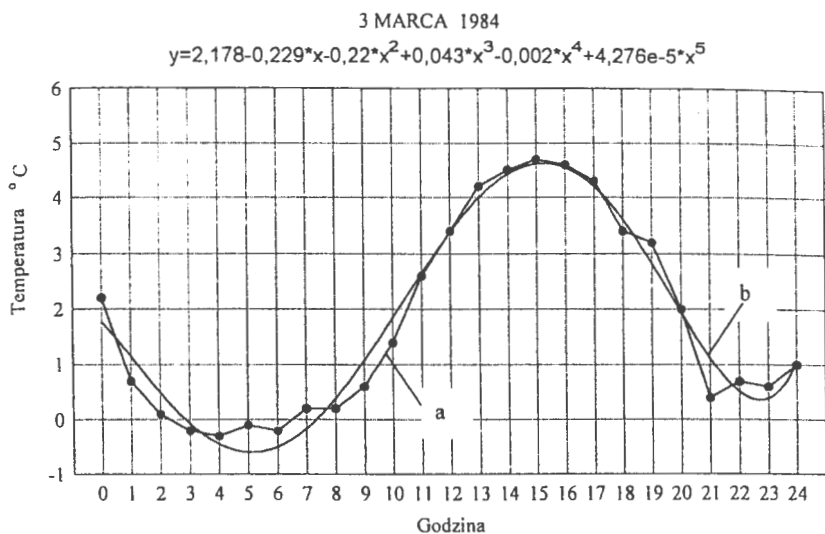
$$n_t = \Theta(B)\varepsilon_t, \quad [9]$$

c) dla szeregu czasowego opisanego modelem mieszanym autoregresji i średniej ruchomej rzędu q , ARMA (p, q):

$$F(B) = \frac{\Theta(B)}{\varphi(B)} = \frac{1 - \Theta_1 B - \Theta_2 B^2 - \dots - \Theta_q B^q}{1 - \varphi_1 B - \varphi_2 B^2 - \dots - \varphi_p B^p}, \quad [10]$$

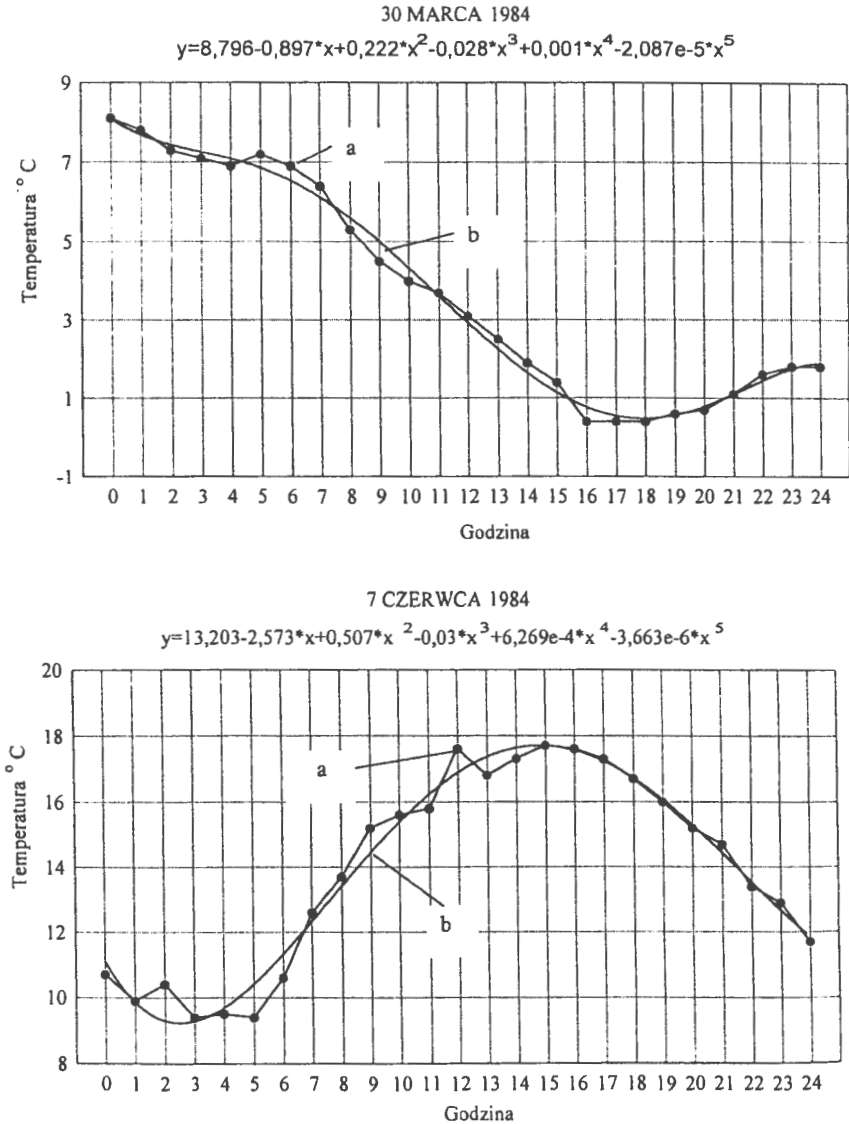


Ryc. 1. Przebieg zmian temperatury powietrza 1 marca 1984 r. i 2 marca 1984 r. (a) oraz modeli określonych wielomianem 5 rzędu (b)
 Variation of the air temperature on 1 March 1984 and 2 March 1984 (a) and a polynomial fit 5th order (b)

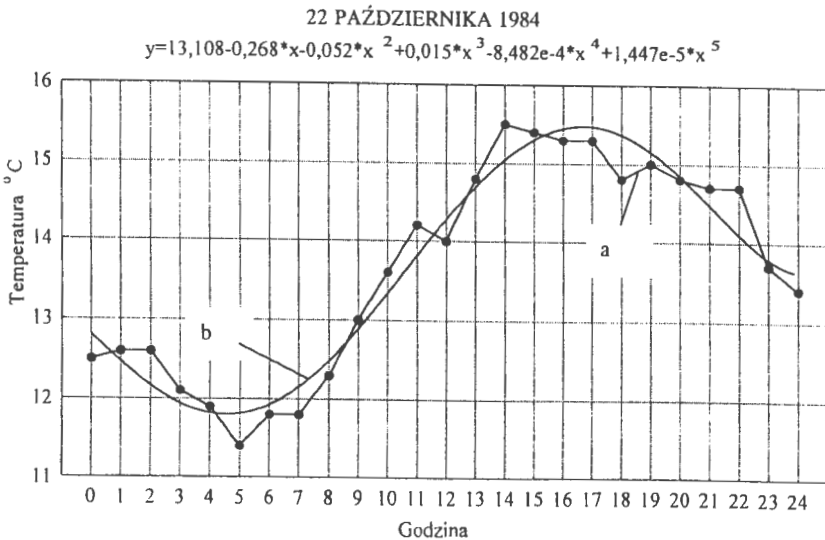
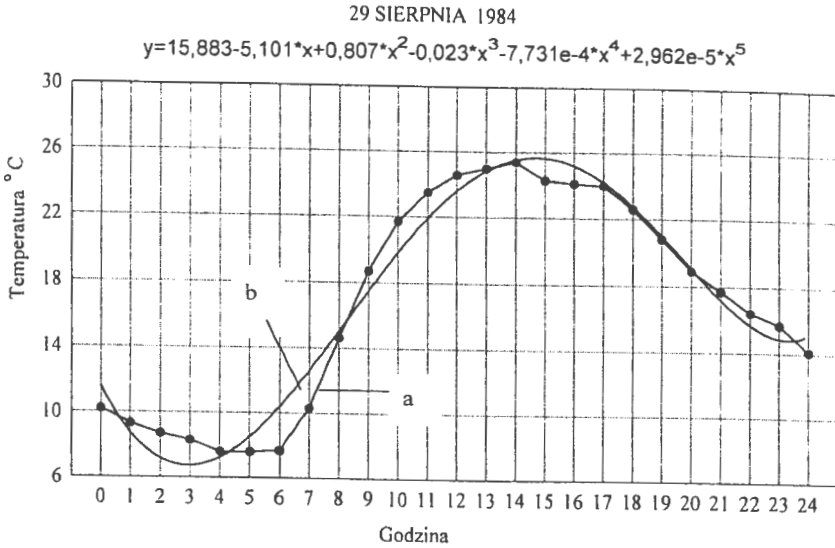


Ryc. 2. Przebieg zmian temperatury powietrza 3 marca 1984 r. i 7 marca 1984 r. (a) oraz modeli określonych wielomianem 5 rzędu (b)

Variation of the air temperature on 3 March 1984 and 7 March 1984 (a) and a polynomial fit 5th order (b)



Ryc. 3. Przebieg zmian temperatury powietrza 30 marca 1984 r. i 7 czerwca 1984 r. (a) oraz modeli określonych wielomianem 5 rzędu (b)
 Variation of the air temperature on 30 March 1984 and 7 June 1984 (a) and a polynomial fit 5th order (b)



Ryc. 4. Przebieg zmian temperatury powietrza 29 sierpnia 1984 r. i 22 października 1984 r. (a) oraz modeli określonych wielomianem 5 rzędu (b)
 Variation of the air temperature on 29 August 1984 and 2 October 1984 (a) and a polynomial fit 5th order (b)

skąd:

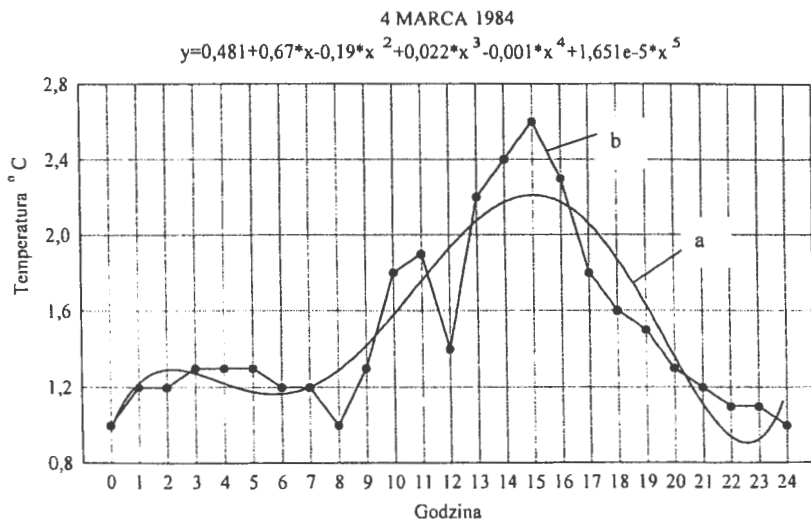
$$\varphi(B) N_t = \Theta(B) \varepsilon. \quad [11]$$

W równaniach [6–11] współczynniki φ_i , Θ_i oznaczają wartości rzeczywiste. Wyznaczanie współczynników funkcji $F(B)$ odbywa się w oparciu o algorytmy opracowane przez Boxa i Jenkinsa (1983).

Podana powyżej metoda opracowania wyników w oparciu o składową deterministyczną i stochastyczną jest powszechnie stosowana przy badaniu zmian klimatu i składu powietrza atmosferycznego (von Storch, Zwiers 1999).

FUNKCJA DETERMINISTYCZNA OKREŚLAJĄCA DOBOWE ZMIANY TEMPERATURY

Poszukiwano funkcji, która najlepiej oddawałaby zmienność większości rozkładów temperatury w ciągu dnia. Obliczeń dokonano wykorzystując przeszło 30-letni ciąg godzinowych wartości temperatury powietrza (na podstawie rejestracji ciągłej wg termohigrografu dobowego) wykonanych w Obserwatorium Agro- i Hydrometeorologii AR Wrocław–Swojec. Dla ilustracji wybrano 9 dób z roku 1984.



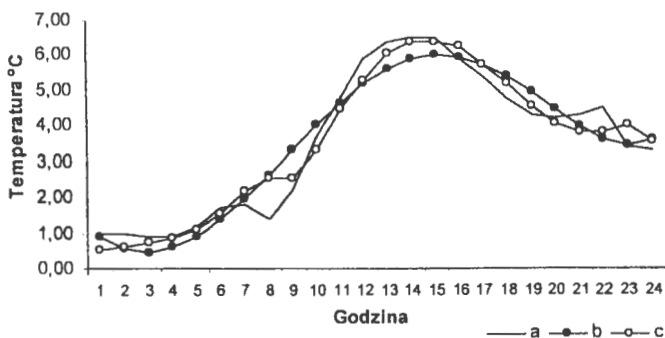
Ryc. 5. Przykład złego dopasowania wielomianu 5 rzędu (a) do rzeczywistych dobowych zmian temperatury powietrza (b)

An instance of a wrong matche polynomial fit of the 5th order (a) to real daily change of air temperature (b)

Analizie poddano 32 modele różnych funkcji wielomianowych i harmonicznych. Przy wyborze kierowano się liczbą estymowanych parametrów niezbędnych w modelu dla osiągnięcia współczynnika determinacji większego od 0,9. Założone warunki najlepiej spełniały funkcje wielomianowe 5 i wyższego rzędu, w którym zmienną niezależną była godzina pomiaru.

Na ryc. 1-4 przedstawiono typowe przebiegi dobowych zmian temperatury powietrza oraz modele opisane wielomianem 5 rzędu. W roku 1984 tylko dla 5 dni obserwowane zmiany były tak nieregularne, że ich modelowanie wymagało zastosowania wielomianu wyższego rzędu (ryc. 5).

Analiza błędów wynikających z porównania pomiarów temperatury z modelami określonymi wielomianem 5 rzędu wykazała, że można je opisać procesami AR(1), AR(2) i ARMA (1,1). Na ryc. 6 przedstawiono wyniki obliczeń temperatury powietrza dla 1 marca 1984 r. w oparciu o wielomian pierwszego rzędu i proces AR(1).



Ryc. 6. Przykładowy przebieg zmian godzinowych temperatury w ciągu doby (a), obliczonych wielomianem 5 stopnia (b) oraz wielomianem i modelem AR(1) (c)

Exemplary course of hourly temperature changes during the day (a), calculated by a polynomial of the 5th degree (b) and by a polynomial and the AR(1) model (c)

PODSUMOWANIE

Duża częstotliwość pomiarów parametrów na automatycznych stacjach meteorologicznych połączona z możliwością bezpośredniego opracowywania ich wyników wymaga wprowadzenia nowych standardów archiwizacji danych pomiarowych. W najbliższym czasie powinien być opracowany jednolity system archiwizacji zmienności dobowych mierzonych elementów meteorologicznych. W przypadku temperatury powietrza do archiwizacji można wykorzystać wielomian 5 rzędu określający dobowy trend zmian i proces stochastyczny AR-MA dla analizy czynników losowych.

W przypadku, gdy współczynnik determinacji modelu będzie mniejszy od 0,9, zbiór danych powinien być przechowywany w całości, gdyż świadczy to o nietypowej zmienności temperatury powietrza w ciągu doby.

Praca wykonana w ramach projektu badawczego KBN nr 5 PO6H 041 16.

LITERATURA

- Box G. E., Jenkins G. M. 1983; Analiza szeregów czasowych. WNT, Warszawa.
Shaw N. 1936; Manual of meteorology. vol. II, Comparative meteorology. 2nd ed. Cam. Univ. Press.
Storch von H., Zwiers F. W. 1999; Statistical analysis in climate research. Cam. Univ. Press.

SUMMARY

The automatic weather stations permits in the assay a lot of frequency. The results of measurements can be automatic compiled by means of logger. The paper has proved that a polynomial fit 5th order is good for simulation of the day change air temperature. A stochastic component a time series of the temperature is an AR(1), AR(2) or ARMA(1,1) process.

