

Jerzy TCHÓRZEWSKI*
Marek SKWARA*

SYSTEMOWY ALGORYTM EWOLUCYJNY DO POPRAWY MODELU SYSTEMU TOWAROWEJ GIELDY ENERGII ELEKTRYCZNEJ CZĘŚĆ 2. IMPLEMENTACJA I WYNIKI BADAŃ

Artykuł jest kontynuacją pracy o tym samym tytule głównym i podtytułem Część 1. Istota i możliwości metody. W niniejszym artykule pokazano w jaki praktyczny sposób można utworzyć Populację Początkową (PP) na bazie modelu parametrycznego arx Towarowej Giełdy Energii Elektrycznej (TGEE) otrzymanego w wyniku identyfikacji z wykorzystaniem danych liczbowych notowanych na Rynku Dnia Następnego (RDN). Pokazano też systemowy sposób konstruowania funkcji krzepkości jak też systemowych operatorów krzyżowania i mutacji, a także metody selekcji. Algorytm zaimplementowano w języku Matlab i przetestowano z wykorzystaniem danych TGEE. Uzyskano wiele interesujących wyników badań, w tym w zakresie przebiegu algorytmu jak też wizualizacji wybranych wyników badań.

SŁOWA KLUCZOWE: model parametryczny, Systemowy Algorytm Ewolucyjny, język Matlab, Towarowa Giełda Energii Elektrycznej, Rynek Dnia Następnego

1. SFORMUŁOWANIE PROBLEMU BADAWCZEGO

Jednym z zasadniczych kroków Systemowego Algorytmu Ewolucyjnego (SAE) jest generowanie Populacji Początkowej (PP), która w rozważnym w pracy przypadku została zdefiniowana na bazie modelu parametrycznego arx otrzymanego w wyniku identyfikacji systemu TGEE [1, 3–7, 18–19, 23–24]. Wygodnie jest tworzenie PP poprzedzić projektowaniem struktury osobnika złożonego z chromosomów na bazie struktury i współczynników wielomianów występujących w modelu [10, 15, 17–18].

Drugim istotnym krokiem algorytmu SAE jest dobór i utworzenie funkcji krzepkości (FK) dla potrzeb oceny dostosowania poszczególnych chromosomów występujących w PP do wymagań stawianych dokładności modelowania [13–14, 19–24]. W przypadku algorytmu SAE do równie ważnych kroków zrealizowa-

* Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach.

Struktura chromosom opisana zależnością (2) jest dalej podstawą do zbudowania PP dla algorytmu ewolucyjnego SAE złożonej np. ze 100 osobników będących w rozważanym przykładzie chromosomami.

Projektowanie struktury Populacji Początkowej dotyczy zatem doboru na podstawie modelu m.in. liczby elementów chromosomu, ich składu oraz doboru jej wielkości. Ustalenie wielkości PP i w konsekwencji Populacji Rodzicielskich (PR) jest ważne z punktu widzenia przebiegu Funkcji Krzepkości, a więc możliwości poprawy parametrów modelu. Jeśli populacja byłaby złożona ze zbyt małej liczby osobników to algorytm mógłby zatrzymać się w jakimś minimum lokalnym, w przypadku gdy jedno z rozwiązań potencjalnych zdominowałoby całą populację to niekoniecznie zostałyby osiągnięte polepszenie modeli.

Z drugiej strony zbyt duża liczebność populacji pogarsza szybkość działania algorytmu i może także wpłynąć na pogorszenie modelu. Z tych względów dobór PP powinien być projektowany z inżynierską dokładnością. Po ustaleniu wielkości populacji należało stworzyć wszystkie osobniki. Ze względu na fakt, że PP powinna być jak najbardziej różnorodna każdy osobnik powinien być tworzony losowo na bazie parametrów zadania.

Z ww. względów w wyniku projektowania ustalono wielkość populacji początkowej na 100 osobników, których wartości były losowane w granicach błędu każdego parametry modelu (1) – tzw. granicy górnej i granic doleż każdego ze współczynników modelu parametrycznego, co szczegółowo zostało opisane w pracy [15].

3. FUNKCJA KRZEPKOŚCI

Podstawowym zagadnieniem oprócz struktury PP oraz struktury jej poszczególnych osobników zbudowanych w rozważanym przykładzie z pojedynczych chromosomów jest liczebność Populacji Początkowej oraz liczebność Populacji Rodzicielskich (PR). W tym kroku badana była „krzepkość” poszczególnych osobników. W zależności od rodzaju problemu różne są funkcje sprawdzające krzepkość osobników.

Generalnie funkcję krzepkości buduje się na bazie błędu średniokwadratowego, a więc na bazie miary odległości wyników wartości wyjściowych z modelu w odniesieniu do wartości wyjściowych z systemu (wartości rzeczywistych), stąd też jako bazę wyjściową do konstruowania Funkcji Krzepkości (FK) przyjęto definicję opartą o tzw. rozbieżność systemową zdefiniowaną następująco [10, 15, 19, 25–26]:

$$FK = \sum |y_{rz} - y_m|, \quad (3)$$

gdzie: y_{rz} – wartość rzeczywista wielkości wyjściowej z modelu jako średnia cena uzyskana za 1MWh dostarczonej i sprzedanej na giełdzie energii elektrycznej w danej godzinie doby [PLN/MWh], y_s – wartość wyjściowa systemu,

y_m – wartość wyjściowa z modelu, przy czym jako wartość rzeczywistą przyjęto wartość rzeczywistą każdego kolejnego chromosomu z PP w każdym kroku algorytmu, a jako wartość wyjściową z modelu wartość średniej z wartości wszystkich chromosomów w aktualnej generacji Populacji Rodzicielskiej, to jest w danym kroku algorytmu.

A zatem na początku przyjęto rzeczywiste wartości wielkości wejściowych (u_1, u_2, \dots, u_{24}) oraz wielkości wyjściowych (y_i), które stanowiły dalej układ odniesienia do wyliczania wartości wyjściowych każdego osobnika z PP w każdej generacji algorytmu SAE. Kolejno w każdym kroku algorytmu wyliczono wartości wszystkich chromosomów dla konkretnego dnia (wielkość t). Następnie uzyskiwano wyniki jako sumę wartości wyliczonych wielkości chromosomów dla konkretnych wartości wielkości wejściowych w odniesieniu do wielkości wyjściowej z modelu (y_m) według zależności wyznaczonej dla wielkości wyjściowej $y_m(t)$, to jest tzw. modelu czasowego uzyskanego w wyniku wyeliminowania operatora przesunięcia czasowego q z wzorów (1), otrzymując ostatecznie:

$$y_m(t) = 0,6277 \cdot y(t-1) - 0,01453 \cdot y(t-2) + 0,1574 \cdot y(t-3) + 0,3123 \cdot y(t-4) + \\ + 0,00318 \cdot u_1(t-1) + 0,01073 \cdot u_1(t-2) + 0,00245 \cdot u_1(t-3) + 0,001075 \cdot u_1(t-4) + \\ + 0,003684 \cdot u_2(t-1) + 0,006743 \cdot u_2(t-2) + 0,003042 \cdot u_2(t-3) + 0,01046 \cdot u_2(t-4) + \\ + \dots - 0,01481 \cdot u_{24}(t-1) - 0,006765 \cdot u_{24}(t-2) - 0,00133 \cdot u_{24}(t-3) + 0,0024 \cdot u_{24}(t-4). \quad (4)$$

Następnie przy wykorzystaniu zależności (4) wyliczono wartości poszczególnych chromosomów z PR, a na ich bazie rozbieżność Δy według wzoru (3):

$$\Delta y = \left| ch_i - \frac{1}{100} \sum_{i=1}^{100} ch_i \right|, \quad (5)$$

gdzie: Δy – funkcja krzepkości, ch_i – wartość i -tego chromosomu.

Wreszcie po wyliczeniu wartości wszystkich 100 chromosomów z PR posortowano je (min-max) i przypisano chromosomom nowe indeksy (uzyskane na postawie wartościowania). W ten sposób PR została przygotowana do zastosowania operatorów krzyżowania i mutacji.

4. OPERATORY GENETYCZNE

4.1. Operator krzyżowania

Metoda krzyżowania polegała na wyborze pary chromosomów z Populacji Rodzicielskiej poprzez dobór par z prawdopodobieństwem p_k [1, 3–8, 11, 13–14]. Następnie dla każdej wybranej pary rodziców losowano „punkt przecięcia”, czyli pozycję genu w chromosomie, w którym doprowadzano do wymiany części chromosomów w krzyżowaniu jednopunktowym. Nowe osobniki jako potomki pary rodzicielskiej otrzymane w wyniku krzyżowania składały się z dwóch części (pierwsza część genów pochodzących od pierwszego rodzica

natomiast część druga genów od punktu krzyżowania do końca chromosomu pochodziła od drugiego rodzica.

Element systemowego ujęcia krzyżowania wynikał z uporządkowania par rodzicielskich po każdej generacji algorytmu SAE w układzie od max do min oraz wyliczaniu ich wartości w sposób systemowy na bazie modelu systemu wyrażonego modelem czasowym (4).

4.2. Operator mutacji

Systemowy operator mutacji dokonywał zmiany znaku wylosowanego do mutacji pojedynczego genu w wylosowanym do mutacji chromosomie z prawdopodobieństwem mutacji p_m [1, 3–8, 10]. Operator mutacji polegał na zmianie wartości genu, tzn. jeżeli w chromosomie dany gen miał wartość dodatnią to została ona zamieniona na wartość ujemną (i odwrotnie).

Systemowość operatora mutacji polegała na wyznaczaniu w sposób systemowy wartości chromosomów z wykorzystaniem modelu systemu opisanego tak jak dla operatora krzyżowania modelem czasowym (4).

4.3. Metoda selekcji

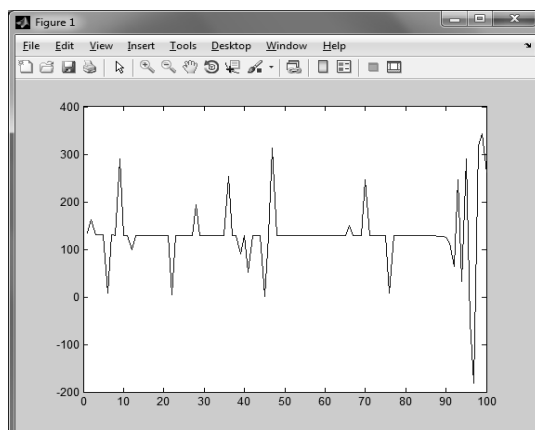
Systemową metodę selekcji opracowano na bazie metody koła ruletki. Modyfikacja metody dotyczyła przyjęcia funkcji krzepkości do oceny wartości chromosomów. Wybór chromosomów do populacji PR w następnym pokoleniu (generacji) naśladował selekcję naturalną, tzn. największą szansę na udział w tworzeniu nowych osobników miały te osobniki, których funkcja krzepkości posiadała najwyższą dobroć, to jest swoistą równowagę między skutecznością algorytmu SAE a jego efektywnością.

W procesie selekcji tworzona była nowa populacja zwana Populacją Rodzicielską (PR) o liczebności takiej samej jak liczebność populacji początkowej (PP). W istocie była to zmodyfikowana metoda selekcji proporcjonalnej, która polegała na wyborze nowej populacji zgodnie z wynikami obliczeń wartości wyjściowych przeprowadzanych na modelu systemu i wykorzystywanych w obliczaniu wartości funkcji krzepkości opisanej zależnością (5) [19, 25]. Proces selekcji powtarzany był 100 razy w wyniku czego otrzymano w kolejnych krokach algorytmu zbliżone wartości funkcji krzepkości, co utrudniało zachowanie zbieżność takiego algorytmu.

5. FUNKCJONOWANIE ALGORYTMU SAE

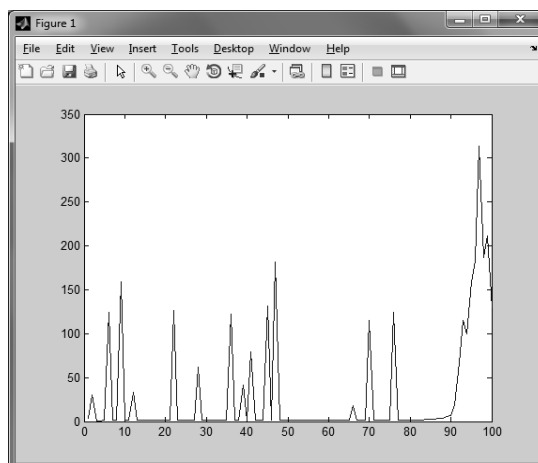
Poprawność działania algorytmu SAE sprawdzono na przykładzie modelu parametrycznego TGEE arx dla 181 dni, który uzyskano dla pojedynczego wyjścia dotyczącego średniej ceny uzyskanej z tytułu dostarczonej i sprzedanej ener-

gii elektrycznej (ee) w wybranej godzinie doby [PLN/MWh] i danych wejściowych dotyczących notowanego na RDN TGEE wolumenu sprzedanej ee w poszczególnych godzinach doby [MWh] dla okresu od 1 stycznia 2015 r. do 30 czerwca 2015 r. (model MISO). W wyniku obliczenia wartości wyjść dla 100 chromosomów populacji początkowej (PP) zgodnie z zależnością (4) otrzymano różnorodne wyniki, które zilustrowano na rys. 1.



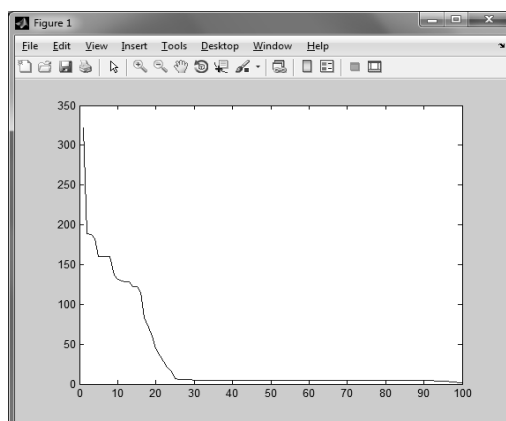
Rys. 1. Przebieg funkcji krzepkości dla populacji początkowej (PP).
Oznaczenia: oś x – numer chromosomu, oś y – wartości funkcji przystosowania. Źródło: [15]

Następnie wyznaczono funkcję krzepkości zgodnie z zależnością (5) otrzymując wyniki jak na rys. 2.



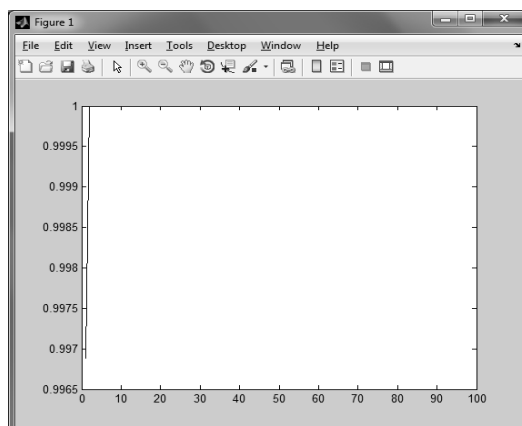
Rys. 2. Funkcja przystosowania dla populacji początkowej po zastosowaniu funkcji $\text{abs}()$.
Oznaczenia: x – numer chromosomu, y – wartości funkcji przystosowania. Źródło: [15]

Po wyliczeniu funkcji krzepkości dla chromosomów PP oraz następnie dla chromosomów populacji rodzicielskiej przeprowadzono w kolejnych generacjach krzyżowanie, mutację i selekcję chromosomów, przy czym okazało się, że najlepszy współczynnik prawdopodobieństwa krzyżowania wyniósł $p_k = 0,001$, a mutacji $p_m = 0,0001$. Wyliczony współczynnik błędu jako miara niedopasowania chromosomów został pokazany na rys. 3.



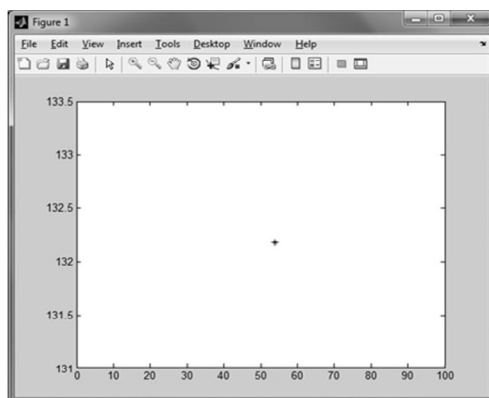
Rys. 3. Przebieg współczynnika błędu jako miary niedopasowania chromosomów do populacji. Oznaczenia: x – numer osobnika y – wartości rozbieżności. Źródło: [15]

Z kolei na rys. 4 pokazano przebieg funkcji krzepkości dla dnia 181 dla wszystkich 100 chromosomów na etapie po zastosowaniu operatorów genetycznych: krzyżowania, mutacji oraz metody selekcji.



Rys. 4. Przebieg funkcji krzepkości dla dnia 181 w przypadku dla wszystkich chromosomów z populacji rodzicielskiej. Oznaczenia: oś x – numer chromosomu, oś y – wartość funkcji krzepkości. Źródło: [15]

W wyniku działania algorytmu SAE wyznacza się najlepszych osobników dla poszczególnych dni z przyjętego okresu obliczeniowego, jak np. pokazano to na rys. 5. dla dnia 181 z okresu od 1 stycznia 2015 r. do 30 czerwca 2015 r.



Rys. 5. Przedstawienie najlepszego chromosomu dla populacji z okresu 1 stycznia 2015 r. do 30 czerwca 2015 r. dla 181 dnia. Oznaczenie: x – numer chromosomu, y – cena. Źródło: [15]

W wyniku przeprowadzenia obliczeń ustalono, że najlepszym chromosomem dla populacji rodzicielskiej z okresu od 1 stycznia do 30 czerwca 2015 r. był chromosom oznaczony jako 53, który charakteryzował się następującymi parametrami:

$$\text{Ch}_{53}(181) = \begin{bmatrix} 0,538438271 & 0,083406695 & 0,050629238 & 0,047623268 & [-0,000124915 & 0,009353162 & -0,003486631 & 0,00120833] & [-0,002304395 & -0,000348856 & 0,000495613 & 0,004401121] & [0,004114917 & 0,001835951 & 0,00853742 & -0,004292105] & [0,007292389 & 0,011207721 & 0,011301716 & -0,002885192] & [0,010813429 & -0,008312577 & 0,007538976 & 0,000387015] & [0,001553321 & -0,000372302 & 0,004094478 & -0,00118822] & [-0,000383825 & 0,000645416 & 0,005875937 & -0,0000305] & [0,00148728 & -0,002497438 & 0,001531764 & 0,0000377] & [-0,001087192 & 0,003781186 & 0,00410112 & 0,003957168] & [0,004452236 & 0,006453396 & 0,017651743 & 0,003011191] & [-0,004359359 & 0,00680325 & 0,002614668 & 0,009995779] & [0,002789053 & 0,006243229 & -0,006214861 & -0,000438374] & [0,004330825 & -0,000128663 & -0,01543327 & 0,001950217] & 0,007654995 & 0,007874256 & 0,002414285 & -0,010161581] & [0,007009826 & 0,025562908 & 0,004976028 & 0,001006224] & [0,002649565 & 0,001311159 & 0,003747299 & 0,010328976] & [0,007368863 & -0,000307501 & -0,064641241 & 0,00502841] & [0,00062995 & 0,005702653 & -0,004627591 & 0,000496403] & [0,003763261 & 0,014860301 & -0,002818286 & 0,002871108] & [0,002060625 & 0,00774101 & 0,006541699 & 0,003185476] & [0,000726381 & -0,001515867 & 0,002880529 & 0,005436782] & [0,002025807 & -0,000826061 & 0,009873768 & 0,001843713] & [0,002893135 & 0,0000414 & 0,000497591 & 0,0000578 & 0,009168652] & [0,001368672 & 0,003041795 & 0,000663425] \end{bmatrix} \quad (6)$$

Ostatecznie chromosom zwycięzca przyjął wartości parametry modelu dotyczących wielkości wejściowych jak w tabeli 1 oraz dla wielkości wyjściowych jak w tabeli 2.

Tabela 1. Dane wyjściowe dotyczące średniej ceny energii elektrycznej w godzinie 0–1 z okresu od 1.01.2015 do 30.06.2015 na TGEE dla RDN, do których odwołują się chromosomy PR. Źródło: [10, 15, 18]

Nazwa	h	Średnia cena ee [PLN/MWh]			
		180	179	178	177
y ₁	0–1	139,74	139,74	145,04	143,31

Tabela 2. Dane wejściowe dotyczące wolumenu energii elektrycznej dla poszczególnych godzin doby z okresu od 01.01.2015 – 30.06.2015 r. na TGEE dla RDN, do których odwołują się chromosomy PR. Źródło: [10, 15, 18]

Nazwa zmiennej	h	Wolumen ee. w dniu [MWh]			
		180	179	178	177
u ₁	0–1	1649,80	1288,30	872,20	989,30
u ₂	1–2	1676,90	1691,00	1067,30	1105,70
u ₃	2–3	1697,00	1948,10	1241,90	1297,20
u ₄	3–4	1680,90	1680,70	1400,20	1306,60
u ₅	4–5	1799,10	2054,90	1691,50	1490,60
u ₆	5–6	1729,70	2059,10	1651,90	1263,50
u ₇	6–7	1642,50	1934,40	1296,50	1931,00
u ₈	7–8	2101,60	1711,70	1508,70	1897,70
u ₉	8–9	1807,40	1944,70	2592,30	1946,90
u ₁₀	9–10	2111,10	2010,20	3293,20	2050,50
u ₁₁	10–11	1997,30	2183,70	3601,80	1949,80
u ₁₂	11–12	2154,70	2321,10	3668,40	2097,10
u ₁₃	12–13	2222,70	2303,40	3580,30	2215,60
u ₁₄	13–14	2233,60	2168,30	3406,10	2182,90
u ₁₅	14–15	2095,00	1992,70	3001,00	2070,50
u ₁₆	15–16	1973,40	1970,70	2660,50	2002,20
u ₁₇	16–17	1902,40	1980,40	2436,50	1930,40
u ₁₈	17–18	1806,10	1980,10	2274,50	1856,00
u ₁₉	18–19	1843,70	2005,20	2154,00	1746,10
u ₂₀	19–20	1911,70	2020,10	2152,70	1857,10
u ₂₁	20–21	1936,50	2136,40	2088,40	1882,40
u ₂₂	21–22	1832,60	2200,30	2224,30	1888,10
u ₂₃	22–23	4107,70	2623,40	1991,30	3371,90
u ₂₄	23–24	2553,40	1894,80	1835,00	2425,60

6. WNIOSKI I KIERUNKI DALSZYCH BADAŃ

W pracy pokazano możliwości implementacji i uzyskane wyniki badań funkcjonowania algorytmu SAE dla danych RDN na TGEE. Algorytm SAE został wykorzystany do poprawy parametrów modelu identyfikacyjnego arx

TGEE. W implementacji wykorzystano środowisko MATLAB-a i Simulink-a z wykorzystaniem języka Matlab (m-funkcji). Dane liczbowe wykorzystane w eksperymentach badawczych dotyczyły danych wyjściowych pobranych z RDN dotyczących średniej ceny uzyskanej z tytułu dostarczonej i sprzedanej energii elektrycznej w poszczególnych godzinach doby [PLN/MWh] dla danych wejściowych dotyczących notowanego na RDN TGEE wolumenu dostarczonej i sprzedanej ee w poszczególnych godzinach doby [MWh] dla okresu od 1 stycznia do 30 czerwca 2015 r. (kres 181 dni). Struktura PP została oparta na modelu parametrycznym, a funkcję krzepkości zbudowano na bazie modelu parametrycznego. Operatory krzyżowania i mutacji oraz metodę selekcji oparto na teorii sterowania i systemów. W wyniku działania algorytmu SAE wygenerowano 100 losowo dobranych w danej generacji chromosomów, a następnie sprawdzono, który z chromosomów w danej generacji jest chromosomem najlepszym (krzepkim) oraz wyprowadzono z populacji zwycięzcę po 100 operacjach. Zaimplementowany algorytm SAE można być dalej doskonalony w zakresie bardziej precyzyjnej jego systemowości oraz lepszego dopasowywania parametrów modelu do systemu.

LITERATURA

- [1] Arabas J., Wykłady z algorytmów ewolucyjnych. WNT, Warszawa 2001.
- [2] Brzózka J., Dorobczyński L., MATLAB – środowisko obliczeń naukowo-technicznych. PWN, Warszawa 2008.
- [3] Cytowski J., Algorytmy genetyczne: podstawy i zastosowania. AOW PLJ, Warszawa 1996.
- [4] Czajkowski M., Algorytmy ewolucyjne w globalnej indukcji drzew modelowych. Wydział Informatyki, Politechnika Białostocka, Białystok 2014.
- [5] Goldberg D. E., Algorytmy genetyczne i ich zastosowania. WNT. Warszawa 1995.
- [6] Gwiazda T., Algorytmy genetyczne: Kompendium. Tom 1, Operator krzyżowania dla problemów numerycznych. PWN, Warszawa 2007.
- [7] Gwiazda T., Algorytmy genetyczne: Kompendium. Tom 2, Operator mutacji dla problemów numerycznych. PWN, Warszawa 2007.
- [8] Guide for MATLAB, Guide for Simulink, Guide for System Identification Toolbox, Guide for Control System Toolbox. The MathWorks®. Getting Started Guide 2002–2016b.
- [9] Kaczorek T., Dzieliński A., Dąbrowski W., Łopatka R., Podstawy teorii sterowania. WNT, Warszawa 2007.
- [10] Marłęga R., Model and Simulation of Electric Power Exchange Development in Terms of Control and System Theory. International Scientific–Technical Conference on Electrical Power Networks, PWr., Szklarska Poręba 2016.
- [11] Michalewicz Z., Algorytmy genetyczne + struktury danych = programy ewolucyjne. WNT, Warszawa 2003.

-
- [12] Mielczarski W., Rynek energii elektrycznej, Wybrane aspekty techniczne i ekonomiczne. Agencja Rynku Energii S. A., Warszawa 2000.
 - [13] Murawski K., Algorytmy genetyczne w prognozowaniu danych giełdowych – usuwanie obserwacji nietypowych. Biuletyn Instytutu Automatyki i Robotyki WAT nr 15, 2001.
 - [14] Rutkowski L., Metody i techniki sztucznej inteligencji. PWN, Warszawa 2006.
 - [15] Skwara M., Systemowy algorytm ewolucyjny do poprawy modelu TGEE i jego implementacja w j. Matlab. Praca magisterska napisana pod kierunkiem prof. nzw. dr hab. inż. Jerzego Tchórzewskiego w Zakładzie Modelowania i Projektowania Systemów Informatycznych Instytutu Informatyki Wydziału Nauk Ścisłych. UPH w Siedlcach. Siedlce 2016.
 - [16] Sradomski W., MATLAB. Praktyczny przykład modelowania. HELION, Warszawa 2015.
 - [17] Tchórzewski J., Marłęga R., Skwara M., Systemowy Algorytm Ewolucyjny do Poprawy Modelu Towarowej Giełdy Energii Elektrycznej. Część 1. Istota i możliwości metody. Poznan University of Technology Academic Journals Electrical Engineering, Politechnika Poznańska, Poznań 2017.
 - [18] Tchórzewski J., Chyży E., Researching the Development of the Electrical Power System Using Systemically Evolutionary Algorithm. International Journal of Soft Computing and Software Engineering, Vol. 6, No. 1, pp. 1–10, 2016.
 - [19] Tchórzewski J., Rozwój systemu elektroenergetycznego w ujęciu teorii sterowania i systemów. OW PWr., Wrocław 2013.
 - [20] Tchórzewski J., Systemic Method of Structure and Parameters Researching for Beginning Population Building of Evolving Algorithm SAE on the Example of Electricity Market. Polish Journal of Environmental Studies, Vol. 17, No 2A, 2008, pp. 86–89.
 - [21] Tchórzewski, J., Wąsowski, A., Systemowy algorytm ewolucyjny SAE w generowaniu rozwoju rynku energii elektrycznej. Systems: journal of transdisciplinary systems science 2008, Vol. 13, spec. issue 2/2, pp. 204–210.
 - [22] Tchórzewski J., Systemowy algorytm ewolucyjny (SAE). Bio-Algorithms and Med-Systems 2005 | Vol. 1, no. ½ | 61–64.
 - [23] Tchórzewski J., Modelowanie rozwoju rynku energii elektrycznej z wykorzystaniem systemowego algorytmu ewolucyjnego. Zastosowania Komputerów w Elektrotechnice. Materiały Konferencji Naukowo-Technicznej, Tom II (443–446) Wyd. PP, Poznań 2004.
 - [24] Tchórzewski J., Systemowy algorytm ewolucyjny w modelowaniu rozwoju rynku energii elektrycznej. Inżynieria Wiedzy i Systemy Ekspertowe [pod red.] Bubnicki Z. i Grzech A., Tom 1 (231–238), OW PWr, Wrocław 2003.
 - [25] Tchórzewski J., Cybernetyka życia i rozwoju systemów. Monografie nr 22, WSRP w Siedlcach, Siedlce 1992.
 - [26] Zimmer A., Englot A., Identyfikacja obiektów i sygnałów: teoria i praktyka dla użytkowników MATLABA. Wyd. PK, Kraków 2005.

**SYSTEMIMICAL EVOLUTIONARY ALGORITHM MODEL
FOR IMPROVING THE SYSTEM ELECTRIC POWER EXCHANGE
PART 2. THE IMPLEMENTATION AND SOME RESULTS**

The paper is a continuation of the article under the same title and subtitle the main part 1 The essence and the possibility of implementing. This article shows how a practical way to create initial population (PP) based on parametric model arx Power Exchange Electricity (TGEE) obtained as a result of identification using the figures listed on the Day Ahead Market (DAM). It also shows a process for designing a system as well as robustness features of system the crossover and mutation and selection methods. The algorithm is implemented in Matlab and tested using data TGEE. They obtained many interesting results, including the course of the algorithm as well as the visualization of selected results.

(Received: 13. 02. 2017, revised: 28. 02. 2017)