

## STRESZCZENIE

Głównym wyzwaniem rozprawy była identyfikacja systemu Rynku Dnia Następnego umożliwiająca opracowanie jego modelu, który może efektywnie i jednocześnie skutecznie wspierać procesy decyzyjne związane z zarządzaniem tym rynkiem. System Rynku Dnia Następnego jest systemem zarządzania, który w kategorii inżynierii systemów może być systemem o wielu strumieniach wejściowych i wielu strumieniami wyjściowymi. Posiada on na wejściu strumień wolumenu dostarczonej i sprzedanej energii elektrycznej, a na wyjściu – strumień średnioważonej wolumenem ceny dostarczonej i sprzedanej energii elektrycznej. Stanowi to jedno z kluczowych wyzwań w zakresie modelowania i zarządzania Rynkiem Dnia Następnego. Ponadto, nabiera to szczególnie ważnego znaczenia w kontekście wyzwań związanych z rozwojem i zarządzaniem Rynkiem Energii Elektrycznej oraz Towarowej Giełdy Energii Elektrycznej i jej podsystemów.

Przeprowadzone pogłębione studia literatury wykazały, że w dotychczasowych opracowaniach naukowych brak jest wiążących wyników badań dotyczących metamodelowania identyfikacyjnego tego typu systemów, prowadzących do otrzymania metamodeli w ogóle, w tym zwłaszcza do otrzymania metamodeli Rynku Dnia Następnego. Można zatem stwierdzić, że występuje specyficzna luka badawcza wynikająca z rozbieżności pomiędzy zapotrzebowaniem na modele i metamodeli systemu Rynku Dnia Następnego a istniejącymi możliwościami teoretycznymi i implementacyjnymi utworzenia takich modeli i metamodeli za pomocą metod teorii sterowania i inżynierii systemów zarządzania, w tym metod identyfikacji i metaidentyfikacji systemów zarządzania.

Podstawowym problemem badawczym rozwiązywanym w rozprawie doktorskiej jest przeprowadzanie modelowania identyfikacyjnego i modelowania metaidentyfikacyjnego, na gruncie teorii i inżynierii systemów, w tym z wykorzystaniem zwłaszcza inżynierii systemów zarządzania w zakresie ujęcia systemu Rynku Dnia Następnego Towarowej Giełdy Energii S.A. jako systemu zarządzania.

Dodatkowy problem badawczy, którego rozwiązanie prezentuje rozprawa, wynika z braku jednoznacznej oceny jakości otrzymywanych modeli systemów. W związku z tym opracowano nowe kryterium oceny jakości modeli systemów, w tym jakości modeli systemu Rynku Dnia Następnego, które nazwano krzepkością łączącą w swoistą równowagę efektywność i skuteczność modelu systemu.

Przedstawiona w rozprawie koncepcja rozwiązania tak postawionych problemów badawczych zakłada, że w wyniku identyfikacji otrzymuje się model systemu Rynku Dnia Następnego w kategoriach inżynierii systemów, jako model systemu zarządzania. Ponadto, zaproponowano także propozycję oryginalnego podejścia do metaidentyfikacji systemu Rynku Dnia Następnego przeprowadzoną z wykorzystaniem zestawu modeli otrzymanych w wyniku identyfikacji kroczącej. Wyznaczone z wykorzystaniem tego podejścia parametry oraz modele pozwoliły na opracowanie metamodelu systemu Rynku Dnia Następnego będącej wynikiem przedmiotowej metaidentyfikacji tego systemu.

Zidentyfikowane problemy badawcze wiążą się z potrzebą uzyskania modeli i metamodeli systemu Rynku Dnia Następnego, co prowadzi do zdefiniowania celu ogólnego rozprawy w kategoriach systemowych w postaci procesu identyfikacji i metaidentyfikacji systemu Rynku Dnia Następnego funkcjonującego jako systemu zarządzania na TGE S.A.

Z wyżej wymienionym celem rozprawy związane są następujące cele szczegółowe:

- 1) umiejscowienie systemu Rynku Dnia Następnego w ujęciu inżynierii systemów i nauk zarządzaniu i jakości na tle problematyki badań dotyczącej systemu Rynku Energii Elektrycznej,
- 2) przegląd metod modelowania identyfikacyjnego w ujęciu systemowym, w tym: opis istoty identyfikacji, przegląd możliwości uzyskiwania modeli systemów, przegląd metod wykorzystywanych w modelowaniu systemów TGE S.A., opis modelowania identyfikacyjnego systemu Rynku Dnia Następnego, przeprowadzenie krytycznego przeglądu literatury przedmiotu w zakresie uzyskiwania wystarczająco dokładnych modeli systemu Rynku Dnia Następnego,
- 3) opracowanie metodyki badań identyfikacyjnych i metaidentyfikacyjnych systemu Rynku Dnia Następnego, w tym opis etapów procesu badawczego, ujęcie systemowe Rynku Dnia Następnego jako systemu zarządzania oraz jego oceny w kategoriach efektywności, skuteczności i krzepkości,
- 4) przeprowadzenie identyfikacji i wygenerowanie katalogu modeli parametrycznych dyskretnych i ciągłych systemu Rynku Dnia Następnego oraz katalogu modeli ciągłych w przestrzeni stanów,

- 5) przeprowadzenie metaidentyfikacji i wygenerowanie metamodeli parametrycznych dyskretnych i ciągłych systemu Rynku Dnia Następnego oraz metamodeli ciągłych w przestrzeni stanów,
- 6) zbudowanie modeli symulacyjnych, a następnie przeprowadzenie z ich wykorzystaniem badań symulacyjnych, komparatystycznych oraz badania wrażliwości z punktu widzenia sformułowanych kryteriów dokładności modelu i systemu, z uwzględnieniem błędów względnych oraz błędów MAPE, a także z punktu widzenia efektywności i krzepkości modelu i systemu oraz skuteczności modelu do systemu Rynku Dnia Następnego,
- 7) przeprowadzenie interpretacji parametrów modeli oraz badanie zmiany jakości modelu, w tym: w zakresie przebiegów skuteczności, efektywności i krzepkości w funkcji zasobów jakim jest wolumen dostarczonej i sprzedanej na Rynku Dnia Następnego energii elektrycznej w badanej godzinie doby,
- 8) sformułowanie wniosków końcowych oraz dalszych kierunków badań.

W rozprawie doktorskiej pozytywnie zweryfikowano następujące hipotezy badawcze:

- 1) Identyfikacja przeprowadzona z wykorzystaniem inżynierii systemów, a w szczególności z wykorzystaniem metod identyfikacji, umożliwia budowę modeli systemu Rynku Dnia Następnego TGE S.A. o stosunkowo wysokim stopniu dokładności do systemu rzeczywistego.
- 2) Zastosowanie metod identyfikacji parametrycznej z wykorzystaniem danych liczbowych w układzie krocącym umożliwia uzyskanie katalogu modeli systemu Rynku Dnia Następnego, stanowiących źródło danych dla potrzeb przeprowadzenia procesu jego metaidentyfikacji.

Zaproponowana w rozprawie metodyka badań jakościowych i ilościowych pozwoliła na realizację postawionych celów badawczych. Zasadniczym efektem i jednocześnie wyróżnikiem wykorzystania przedstawionego w rozprawie autorskiego podejścia do modelowania identyfikacyjnego jest wysoka jakość modeli parametrycznych dyskretnych systemu Rynku Dnia Następnego uzupełnionych modelami neuralnymi, uzyskanymi w wyniku identyfikacji przeprowadzonej z wykorzystaniem teorii i inżynierii systemów, a w konsekwencji także modeli

parametrycznych ciągłych oraz modeli ciągłych w przestrzeni stanu systemu Rynku Dnia następnego TGE S.A.

Otrzymywane modele systemu Rynku Dnia Następnego mogą zostać wykorzystane jako wiarygodne źródło danych w budowie bazy wiedzy na potrzeby metaidentyfikacji, wspierając także prognozowanie, planowanie, czy też programowanie przyszłych stanów systemu Rynku Dnia Następnego w procesie zarządzania Towarową Giełdą Energii Elektrycznej jako podsystemie na TGE S.A.