

## Wstęp

*„Nie ma (...) obecnie ogólnej teorii zarządzania, bo nie ma takiego poziomu zgodności pomiędzy badaczami tej dyscypliny, który pozwoliłby przyjąć za jedynie słuszne wyjaśnienie danego problemu. Nauka zarządzania jest otwartą gałęzią wiedzy, zmienną, często pozostającą pod wpływem specyficznych doświadczeń. Konstatuje fakty powodzenia, które nie dają się dokładnie powtórzyć w innych miejscach. (...)”*

**Georges Nizard<sup>1</sup>**

Transformacja elektroenergetyki w skali globalnej doprowadziła do radykalnych przeobrażeń strukturalnych sięgających samej filozofii funkcjonowania tego podsektora infrastruktury energetycznej.

Cechą charakterystyczną tych przemian w światowej gospodarce jest odrzucenie bądź ograniczenie wielu sztywnych barier gospodarczych, prawnych, organizacyjnych, a nawet własnościowych i zastąpienie ich „naturalnymi” prawami ekonomicznymi. W praktyce oznacza to działanie podmiotów na podstawie własnych kryteriów i ograniczenie do minimum ingerencji państwa w ich sprawy wewnętrzne i zewnętrzne. Umownie proces taki nazywany jest liberalizacją. Pojęcie to nieodłącznie wiąże się z ograniczeniem roli mechanizmów oddziaływania politycznego, wprowadzeniem zasad konkurencyjności oraz ze stworzeniem rynku towarów i usług otwartego na nowych uczestników. Sektor elektroenergetyczny, do niedawna jeszcze traktowany w tradycyjnych kategoriach użyteczności, nie stanowi obecnie wyjątku od ogólnych tendencji restrukturyzacyjnych.

Liberalizacji i zwiększonej konkurencyjności towarzyszą procesy prywatyzacji, zwiększona troska o środowisko oraz zmiany w formie i istocie regulacji rynkowych. Sektor energii jest szczególnie interesujący, zarówno z uwagi na swą wielkość i znaczenie we współczesnej cywilizacji, jak i bogactwo możliwych rozwiązań strukturalnych: od całkowicie na ogół zliberalizowanego międzynarodowego podsektora ropy naftowej, po państwowe monopole energii elektrycznej.

W warunkach polskich restrukturyzacja sektora energetycznego trwa od dwunastu lat. Znaczący przełom w jego funkcjonowaniu stanowiło uchwalenie przez Sejm ustawy – Prawo energetyczne, które wprowadza elementy konkurencji i jest zgodne z dyrektywami Unii Europejskiej. Proponowane jest stworzenie w strukturze rynku giełdy energii elektrycznej<sup>2</sup>, na której będzie można realizować większościowe obroty tym towarem. W związku

<sup>1</sup> Nizard G., (1998), str. 6.

<sup>2</sup> Giełda Energii Elektrycznej rozpoczęła swoją działalność 30 czerwca 2000 r.

z tym bardzo ważnym zagadnieniem staje się proces modelowania i prognozowania zapotrzebowania na moc i energię elektryczną.

Od początku komercyjnych zastosowań energii elektrycznej oraz elektryfikacji procesów technologicznych w przemyśle, transporcie, rolnictwie i gospodarce komunalnej istnieje problem wiarygodnego i możliwie trafnego przewidywania zapotrzebowania na moc i energię elektryczną. Dopiero jednak powstanie nowoczesnych wielkich systemów elektroenergetycznych spowodowało konieczność stworzenia naukowych podstaw prognozowania w zakresie elektroenergetyki ze względu na ekonomiczne konsekwencje nieoptymalnego rozwoju i eksploatacji istniejących elementów systemu.

Prognozowanie badanego zjawiska wymaga wstępnej i dogłębnej analizy, która pozwoli wyodrębnić prawidłowości występujące w obszarze ocen. Otrzymane w ten sposób informacje mogą posłużyć do budowy określonego modelu.

W niniejszej pracy w celu weryfikacji hipotez merytorycznych zaprezentowane zostały modele ekonometryczne, które należy rozumieć jako równania bądź układ równań opisujące zasadnicze powiązania zachodzące między rozpatrywanym zjawiskiem, a wpływającymi nań czynnikami.

Jak twierdzi laureat nagrody Nobla w dziedzinie ekonomii prof. L.R.Klein: „...budowa modelu jest jednocześnie sztuką i nauką. Do zbudowania dobrego modelu niezbędne są: inspiracja, poszukiwania, częściowe potwierdzenia oraz wiele źródeł informacji”.<sup>3</sup>

Specyfikacja modelu ekonometrycznego obejmuje szereg założeń dotyczących modelowanego procesu społeczno-ekonomicznego, zmiennych objaśniających, składnika losowego i powiązań między tymi elementami. Po merytorycznej analizie zjawiska i konstrukcji modelu, po estymacji parametrów modelu i jego weryfikacji istnieje możliwość zastosowania modelu w procesie prognozowania.

Rosnące zainteresowanie modelami ekonometrycznymi wynika z faktu, iż obecnie stają się one niezbędnymi narzędziami wspomagającymi proces podejmowania decyzji na każdym szczeblu zarządzania.

Transformacja gospodarcza dokonująca się w naszym kraju powoduje zmiany w postawach osób zarządzających przedsiębiorstwami. Wymaga ona od nich „walki” o utrzymanie, umocnienie, a być może i rozwinięcie strategicznej pozycji przedsiębiorstwa na rynku. Oznacza to konieczność optymalizacji decyzji strategicznych i taktycznych w celu odpowiedzi między innymi na pytanie: ile, kiedy i od kogo kupować, aby obniżyć koszty nabywanych produktów, obniżając w ten sposób koszty własne w następnym ogniwie łańcucha przepływu towarów, bądź świadczonych usług. Problem ten nie omija również zakładów energetycznych.

Między innymi z tych względów modelowaniu i prognozowaniu elektroenergetycznemu przyznaje się w literaturze światowej i krajowej znaczące miejsce. Dowodem na to jest zarówno obszerna bibliografia przedmiotu, jak i rola, którą w planowaniu oraz eksploatacji odgrywają struktury organizacyjne, konstruujące prognozy o szerokim zasięgu horyzontów czasowych, jak

<sup>3</sup> Klein L.R., (1982), str. 16.

i obszarów. Punktem wyjścia do planowania rozwoju sieci elektroenergetycznych jest, obok charakterystyki istniejącego stanu sieci, prognoza zapotrzebowania na energię i moc elektryczną.

Ewolucja w zakresie prognozowania długookresowego przebiegała do niedawna w sposób następujący: od prostych modeli ekstrapolacyjnych o minimalnych wymaganiach odnośnie danych wejściowych, poprzez ekonometryczne modele przyczynowo-skutkowe, po modele techniczno-ekonomiczne **end-use**, wymagające szczególnej rozbudowy struktury wiedzy i danych. Względy praktyczne (wymuszające informacje prognostyczne przy niemożliwości pozyskania lub wygenerowania dostatecznej liczby danych), skłaniają do powrotu do modeli mniej wymagających, a nawet do modeli opartych wyłącznie na analizie szeregów czasowych, opisujących proces zapotrzebowania energii. Nie oznacza to jednak powrotu tylko do podejść klasycznych. Coraz częściej wykorzystuje się bowiem modele sztucznych sieci neuronowych. W literaturze dotyczącej tego tematu do modelowania długookresowego proponowane są również elementy dynamicznej teorii morfogenezy Thoma, która w analizie szeregów chronologicznych procesów obciążenia elektroenergetycznego daje możliwość opisu w warunkach silnych zaburzeń rozwojowych, obserwowanych w krajach transformujących swą gospodarkę. Podobne cechy posiadają narzędzia prognostyczne wywodzące się z teorii chaosu<sup>4</sup>.

W warunkach konkurencyjności sektora energetyki opartej na kryterium zysku, szczególną rolę odgrywa predykcja z wyprzedzeniem rzędu godzin. W tak krótkiej perspektywie czasowej proces obciążenia jest nieczuły nawet na głębokie zmiany instytucjonalne, czy technologiczne. Prognozy krótkookresowe dotyczą w zasadzie godzinowych wartości zapotrzebowania mocy, jednakże mogą obejmować również wielkości specyficzne takie jak: dobowe maksymalne zapotrzebowania mocy (szczytu dobowego), wartości zapotrzebowania mocy w określonych godzinach doby (momentach obciążen charakterystycznych doby), godzinowe, dobowe oraz tygodniowe wartości energii.

W przypadku prognozowania krótkookresowego można wyróżnić wiele modeli i technik. Są to: obszerna klasa aplikacji metod sztucznej inteligencji, a zwłaszcza sztucznych sieci neuronowych, udoskonalone metody prognozowania z uwzględnieniem czynników meteorologicznych, czy wreszcie modele dynamiczne, w których wyróżnia się podklasę modeli autoregresji – średniej ruchomej oraz modeli przestrzeni stanów.

Biorąc pod uwagę wymogi stawiane przyszłemu funkcjonowaniu sektora elektroenergetycznego, w pracy podjęto próbę weryfikacji niżej wymienionych hipotez badawczych dotyczących modelowania i prognozowania zapotrzebowania na energię elektryczną.

- Skoro energia elektryczna traktowana jest obecnie jako towar i w związku z tym, wzorem innych państw, proponowane jest wprowadzenie w Polsce giełdy energii elektrycznej, to transakcje na niej zawierane można powiązać z transakcjami zawieranymi na giełdach finansowych i towarowych.

---

4 Malko J., (1995), str. 38-44.

- Wprowadzane zmiany restrukturyzacyjne rynku energii elektrycznej w Polsce, powołanie do życia Giełdy Energii Elektrycznej w powiązaniu z rodzajami kontraktów, jakie mogą być na niej realizowane, stwarza możliwość stosowania modeli ekonometrycznych jako narzędzi wspomagających procesy decyzyjne, a opartych o różnego rodzaju dane statystyczne oraz umożliwia konstrukcje prognoz w oparciu o takie modele.
- Coraz częściej mamy do czynienia z informacjami, w których odstępy czasowe między kolejnymi obserwacjami stają się coraz krótsze (tydzień, doba, godzina). Jednak przy tego typu danych można z powodzeniem wykorzystywać istniejące typy modeli ekonometrycznych opartych na procesach stochastycznych.
- Modele oparte na procesach stochastycznych, wykorzystywane obecnie w analizie rynków finansowych, gdzie najczęściej mamy do czynienia z danymi dziennymi o dużej zmienności, równie dobrze można wykorzystać w procesie modelowania zapotrzebowania na energię elektryczną.

W celu weryfikacji takich hipotez badawczych obszar zainteresowań ograniczono do regionu częstochowskiego, z którego udało się uzyskać większość danych statystycznych. Ich dostępność i rodzaj ograniczały wybór narzędzi wykorzystanych do ich analizy, ale równocześnie umożliwiły budowę określonych modeli ekonometrycznych. Stąd też w pracy podjęto próbę konstrukcji modelu opisującego zapotrzebowanie na moc dla całego Zakładu Energetycznego (na wejściu) oraz modeli opisujących zużycie energii elektrycznej w trzech zasadniczych grupach odbiorców finalnych: przemyśle, gospodarstwach domowych i gospodarstwach rolnych, zaopatrywanych przez wymieniony Zakład (na wyjściu), oraz dokonano weryfikacji własności predyktywnych proponowanych modeli na podstawie analizy błędów *ex post*.

Do analizy wykorzystano dane miesięczne zużycia energii elektrycznej z podziałem na trzy grupy odbiorców: przemysł, gospodarstwa domowe, gospodarstwa rolne, w okresie styczeń 1995 – grudzień 1998 oraz dane o dużej częstotliwości obserwowania (odczyt rejestrowany w odstępach półgodzinnych) zapotrzebowania na moc w tym samym przedziale czasowym.

Praca składa się z sześciu rozdziałów. W rozdziale pierwszym ukazano polski system elektroenergetyczny na tle wybranych krajów europejskich, scharakteryzowano rynek energii elektrycznej w Polsce i jego strukturę. W szczególności omówiono kierunki restrukturyzacji wynikające z procesów transformacji gospodarki narodowej oraz z wprowadzenia w 1997 roku ustawy – Prawo energetyczne. Dla scharakteryzowania specyfiki gospodarki energetycznej wprowadzono pojęcie rynku energii elektrycznej, omówiono istniejące już giełdy zajmujące się obrotem energią elektryczną lub instrumentami finansowymi związanymi z tym towarem, w szczególności scharakteryzowano najdłużej funkcjonującą na świecie skandynawską giełdę Nord Pool oraz wyjaśniono istotę i zasadę funkcjonowania Giełdy Energii Elektrycznej w Polsce.

W rozdziale drugim przedstawione zostały problemy zarówno teoretyczne, jak i metodologiczne związane z modelowaniem popytu na energię elektryczną. Dokonano przeglądu prac polskich i zagranicznych związanych z pro-



blemem modelowania i prognozowania zapotrzebowania na energię elektryczną w ujęciu makro, mezo i mikroekonomicznym w różnych horyzontach czasowych. Omówiono modele konstruowane specjalnie dla energetyki, jak i modele uwzględniające jedynie wymogi tego sektora przemysłu.

Modelowanie z wykorzystaniem danych o dużej częstotliwości, jego istota i problemy z nim związane są treścią rozdziału trzeciego. Dokonano w nim również porównania klasycznych i nowoczesnych ujęć ekonometrycznych wykorzystujących ten typ informacji.

Modele ekonometryczne można stosować do opisu rzeczywistości (opis retrospektywny), bądź do prognozowania lub symulacji. Z tego względu w rozdziale czwartym omówiono istotę prognozowania ekonometrycznego i jego rolę w procesie zarządzania przedsiębiorstwem. Przeprowadzono klasyfikację prognoz i przegląd metod prognozowania.

Biorąc pod uwagę fakt funkcjonowania ustawy – Prawo energetyczne, w pracy przedstawiono własną propozycję modeli opisujących strukturę odbiorców oraz szczególnie rodzaj modelowania stosowany do opisu zjawisk na giełdach terminowych, oparty na danych o dużej częstotliwości.

W ostatniej części pracy prezentowane są wyniki badań własnych, zmierzających do konstrukcji modeli, które odpowiadałyby aktualnym wymaganiom zarządzania w sektorze energetyki oraz mogłyby stanowić podstawę prognozowania zapotrzebowania na moc i energię.

Problemom konstrukcji odpowiednich modeli ekonometrycznych poświęcony jest rozdział piąty. W rozdziale tym zaprezentowane zostały własne modele opisujące zapotrzebowanie na energię elektryczną w regionie częstochowskim w trzech grupach odbiorców: przemysł, gospodarstwa domowe i gospodarstwa rolne. W założeniach modele takie powinny umożliwić określenie struktury odbiorców i ich skłonność do konsumpcji energii elektrycznej. W drugiej części rozdziału zaprezentowano model opisujący zapotrzebowanie na moc dla całego Zakładu Energetycznego.

W rozdziale szóstym sformułowano krótkookresowe prognozy zapotrzebowania na moc i energię elektryczną dla wybranych okresów roku 1999. Otrzymane wyniki porównano z wartościami empirycznymi oraz obliczono błędy prognoz w celu oceny ich trafności i określenia własności predykcyjnych modeli.

W pracy zaprezentowano, zdaniem autora, jedynie najważniejsze aspekty związane z tematem modelowania i prognozowania zapotrzebowania na energię elektryczną. W podsumowaniu niniejszej pracy wskazano na konieczność przeprowadzenia szerszych analiz otoczenia analizowanego Zakładu Energetycznego.

Przede wszystkim pragnę wyrazić gorące podziękowanie Pani Prof. dr hab. Jadwidze Sucheckiej, za inspirację do badań, cenne wskazówki oraz wnikliwe uwagi, które w dużym stopniu przyczyniły się do powstania tej pracy.

Wyrazy podziękowania za pomoc naukową oraz udostępnienie najnowszej literatury i pakietów programowych pragnę złożyć Kierownikowi Katedry Ekonometrii i Statystyki UMK Panu Prof. zw. dr hab. Zygmuntoowi Zielińskiemu oraz kolegom z tej Katedry.

Chciałbym również podziękować Pani Prof. dr hab. Marii Nowickiej-Skowron oraz Panu Prof. dr hab. Eugeniuszowi Sitkowi, dziekanom Wydziału Zarządzania Politechniki Częstochowskiej za stworzenie dogodnych warunków do realizacji pracy.