

dr Zbigniew Gontar

Katedra Informatyki, Wydział Zarządzania
Uniwersytet Łódzki

Uwagi na temat inteligentnej sieci dystrybucji energii i trzeciej rewolucji przemysłowej

WPROWADZENIE

Problemy inteligentnej sieci dystrybucji energii¹ stanowią przedmiot badań wielu dyscyplin naukowych. Jeremy Rifkin opisuje *Smart Grid* jako przejaw trzeciej rewolucji przemysłowej (3RP)², a szczególną uwagę zwraca na dwa uwarunkowania obecnej rewolucji. Pierwsze to szybki rozwój technik informacyjno-komunikacyjnych oraz organizacja struktury przepływu informacji wokół technologii internetowych. Drugie to energie odnawialne oraz rozproszona struktura systemu elektroenergetycznego. Według Rifkina, 3RP charakteryzuje się powszechną cyfryzacją komunikacji indywidualnej i komunikacji masowej oraz zorganizowaniem systemu energetycznego na zasadzie rozproszonej globalnej sieci mikroproducentów energii, w której każdy będzie mógł produkować energię ze źródeł odnawialnych w domu, biurze, fabryce, samochodzie, składować oraz dzielić ją poprzez inteligentną sieć na zasadzie *peer-to-peer*.

Niniejszy artykuł podejmuje zagadnienia związane z zarządzaniem organizacjami w warunkach 3RP. Punktem wyjścia dla prezentowanych rozważań jest książka Hansa J. Warnecke na temat przedsiębiorstwa fraktalnego³ oraz analiza przypadku gminy Thisted w Danii, w której 100% energii pochodzi ze źródeł odnawialnych⁴. Niezależnie od skali rozważań: pojedynczego budynku, gospodarstwa rolnego, biura, fabryki, sieci budynków, czy całego regionu mamy tu do czynienia ze strukturą złożoną z małych układów samoregulacyjnych w sensie użytkowania energii, bezpieczeństwa i zróżnicowania dostaw, czy powiązania energetyki z badaniami naukowymi, rolnictwem i środowiskiem naturalnym. Cechą tego podejścia jest analiza dynamiki tej struktury. Wyraża się to czasami w pojęciu „witalności”.

Ocena struktury (parku technologicznego, fabryki, czy biura) w odniesieniu do wspomnianych wcześniej zagadnień jest zdeterminowana jej zdolnością do

¹ Ang. *Smart Grid*.

² J. Rifkin, *The Third Industrial Revolution, How Lateral Power is Transforming Energy, the Economy, and the World*, Palgrave Macmillan, 2011.

³ H.J. Warnecke, *Rewolucja kultury przedsiębiorstwa. Przedsiębiorstwo fraktalne*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1999.

⁴ E. Hardt, *Thisted Municipality. A climate friendly region*, Ace & Ace, 2008.

adaptacyjnej reakcji na każdorazowy wpływ otoczenia w inteligentnej sieci. Jednostka struktury sieci może być traktowana jako fraktal⁵ i od niej oczekuje się tej witalności, czyli ciągłego wynajdywania i wykorzystywania kluczowych czynników sukcesu⁶. Należy wybrać właściwą miarę oceny fraktala. Wydaje się, że w przyszłości będzie to stopień osiągnięcia celu w samopodobnym systemie celów (wymaganiowych i wydajnościowych). Nie oznacza to rezygnacji z funkcji centralnych w strukturze. Te, w sensie koncentracji specjalistycznej wiedzy i koordynacji, realizowane byłyby w naukowo-badawczym centrum usług wspólnych, które nazwalibyśmy cyfrowym laboratorium analitycznym⁷. W gminie Thisted podobną rolę spełnia Nordyckie Centrum Energii Odnawialnej⁸ w Ydby.

Forma organizacyjna pojedynczego węzła sieci (samodzielna organizacja czy sieć organizacji) jest ustalana poprzez samodzielne strukturowanie się fraktali. O strukturze decyduje więc splot zależności między fraktalami. Tworzenie fraktali to zagadnienie związane z rozdzieleniem funkcji nienależących do jądra biznesu lub z tworzeniem zdecentralizowanych jednostek gospodarczych. Oczywiście, zorganizowanie fraktala może być bardzo zróżnicowane, tak jak zróżnicowane jest zorganizowanie fabryk. Na tle zarysowanej nowej koncepcji organizacji nie dziwi asymetryczne przenikanie wiedzy między fraktalami. Polega to na tym, że energetyczne organizacje fraktalne mogą być zbudowane z różnych fraktali, z których każdy wnosi istotny wkład do funkcjonowania większej struktury, natomiast ta większa struktura może wносить wkład do struktury jeszcze większej. Nie ma natomiast potrzeby przenikania wiedzy ze struktury większej do mniejszych jednostek, chociażby z tego powodu, że mogą one stanowić składnik struktury konkurencyjnej. Zagadnienia związane z organizacją-integratorem struktury fraktalnej zostało w artykule tylko zarysowane. Jest to obszerne zagadnienie strukturowania fraktali.

TRZECIA REWOLUCJA PRZEMYSŁOWA

Rifkin definiuje cztery filary, na których wspiera się 3RP⁹. Pierwszy to energia ze źródeł odnawialnych: wiatru, słoneczna, biomasy, geotermalna. Już obecnie w gminie Thisted w Danii cała wykorzystywana energia oraz 85%

⁵ B.B. Mandelbrot, *The Fractal Geometry of Nature*, W.H. Freeman and Company, New York 1977.

⁶ Ang. *Key Performance Indicators (KPI)*.

⁷ Z.H. Gontar, *Centrum usług wspólnych a wdrażanie systemów Smart Grid Analytics*, Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej. Budownictwo i Inżynieria Środowiska, z. 59 (nr 2/2012/II).

⁸ www.folkcenter.net (dostęp 18.07.2012).

⁹ J. Rifkin, *The Third...*

ogrzewania pochodzi ze źródeł odnawialnych¹⁰. W upowszechnieniu tych rozwiązań ważną rolę pełnią ośrodki szkoleniowo-demonstracyjne, jak Nordyckie Centrum Energii Odnawialnej w Ydby w Danii, czy sieć centrów Ogólnosiwiatowego Instytutu Energii Wiatrowej¹¹. Umożliwiają one propagowanie wiedzy i świadomości korzyści z rozwiązań wykorzystujących energię odnawialną oraz realizację działań edukacyjnych i szkoleń w zakresie rozwiązań infrastrukturalnych. Drugi filar 3RP to inteligentne budynki o zerowym lub ujemnym zużyciu energii. Nowe budynki zużywać będą znacznie mniej energii albo wcale. Dotyczy to poszczególnych domów i całych dzielnic, biur, centrów handlowych, parków przemysłowych i technologicznych, fabryk, gospodarstw rolnych. Uniwersytet stanowy Kalifornii w Davis buduje obecnie miasteczko akademickie West Village¹², w którym, dzięki wykorzystaniu nowych technologii w budownictwie, zużycie energii ma być o 50% mniejsze niż w budynkach konwencjonalnych.

Zerowe zużycie energii ma pojawić się wskutek wykorzystania fotowoltaicznego systemu słonecznego firmy SunPower¹³. Warto też przyrzeć się inicjatywie Engage 360¹⁴, projektowi biurowca Elithis Tower w Dijon we Francji, czy projektowi centrum biznesowego Narodowego Instytutu Badań Środowiska w Incheon w Korei Południowej¹⁵. Trzeci filar 3RP to technologie składowania energii. W dotychczasowym rozumieniu systemu energetycznego zakładało się, że energii elektrycznej nie można magazynować albo, że można to robić w bardzo ograniczonym zakresie.

Obecnie rozwijane są technologie, które to umożliwiają na szerszą skalę, np. ogniwa wodorowe. Niezbędne w tej fazie 3RP będzie dokonanie oceny nowych technologii, zarówno magazynowania energii, jak i produkcji energii ze źródeł odnawialnych. Bariera w osiągnięciu celów *Smart Grid* może być niezgodność inteligentnej sieci elektroenergetycznej, rozumianej jako radykalna innowacja, z siecią tradycyjną w następujących aspektach:

- obecne kwalifikacje i umiejętności nie spełniają potrzeb innowacji,
- innowacja wymaga nowych powiązań rynkowych,
- użytkownicy nie są przyzwyczajeni do nowej innowacji,
- standardy i praktyki, które rozwinęły się w ramach istniejącego systemu mogą działać jako bariera dla innowacji.

W celu sprostania tym wymogom, zaproponowaliśmy wyodrębnienie sekcji komercjalizacji technologii w cyfrowym laboratorium analitycznym¹⁶.

¹⁰ E. Hardt, *Thisted...*

¹¹ www.wwei.nu (dostęp 18.07.2012).

¹² westvillage.ucdavis.edu (dostęp 18.07.2012).

¹³ us.sunpowercorp.com (dostęp 18.07.2012).

¹⁴ www.engage360.com (dostęp 18.07.2012).

¹⁵ inhabitat.com (dostęp 18.07.2012).

¹⁶ Z.H. Gontar, *Centrum usług...*

Czwarty filar to inteligentny system elektroenergetyczny umożliwiający podłączenie inteligentnych budynków do sieci oraz elektryczne samochody, pełniące równocześnie rolę magazynów energii. Zauważmy, że dotyczy to nie tylko infrastruktury, ale także np. rozwiązań prawnych. Tak jak w projekcie PL-GRID, moc obliczeniowa komputerów z czołowych polskich ośrodków naukowych, dzięki odpowiedniej infrastrukturze gridowej, została połączona w komputer gridowy o docelowej mocy obliczeniowej 215 Tflops¹⁷, w inteligentnej sieci mikroproducentów energii, moc generowana przez inteligentne budynki mogłaby być utożsamiana z elektrownią dużej mocy. Rifkin przewiduje, że obok dostarczycieli energii, którymi mogą być zarówno elektrownie, jak i upodmiotowieni odbiorcy energii, którymi mogą być zarówno odbiorcy, jak i elektrownie, wykształcą się dostawcy usług energetycznych podobni do dzisiejszych dostawców usługi internetowej, oferujący usługę dostępu do sieci elektroenergetycznej w określonym przedziale czasowym.

3RP wymagać będzie gigantycznych nakładów finansowych na inteligentną infrastrukturę gridową w sieci elektroenergetycznej, rekonfigurację przemysłu samochodowego oraz budowę inteligentnych budynków. Przykład gminy Thisted pokazuje jednak, że te same cele można osiągnąć w skali lokalnej małymi środkami.

WPROWADZENIE DO ŚRODOWISKA FRAKTALI

Termin „fraktal” został wprowadzony przez B.B. Mandelbrota na oznaczenie złożonych struktur o wysokim stopniu organizacji, powstałych z podobnych do siebie elementów składowych, które da się opisać prostymi regułami¹⁸. Przykładowo, zbiór Mandelbrota powstaje na podstawie ciągu liczb $\{z_n\}$ utworzonych ze wzoru:

$$z_0 = 0 \\ z_{n+1} = (z_n)^2 + c,$$

gdzie c jest liczbą zespoloną na płaszczyźnie zespolonej. Jeśli powiększymy wycinki obszaru wyznaczonego przez ten zbiór, otrzymamy podobne, aczkolwiek nie identyczne struktury. Trzy najważniejsze właściwości obiektów fraktalnych, wskazane przez Hansa J. Warnecke, to samoorganizacja, samopodobieństwo oraz duża dynamika¹⁹. Warnecke – uznając, że są to też najważniejsze właściwości współczesnych zakładów przemysłowych – próbuje za pomocą fraktali opisać zasady ich projektowania. Nie wdając się w polemikę z Warne-

¹⁷ K. Wiatr, *Superkomputery dla polskiej nauki*, „Forum Akademickie”, 09.2010.

¹⁸ B.B. Mandelbrot, *The Fractal...*

¹⁹ H.J. Warnecke, *Rewolucja kultury...*

ke, czy dla zakładów przemysłowych jest to właściwa metafora, zauważmy, że pasuje ona idealnie do mikroproducentów energii w inteligentnej sieci dystrybucji energii.

WYKORZYSTANIE METAFORY FRAKTALA W ANALIZIE MIKROPRODUCENTÓW ENERGII

Dotychczasowy system elektroenergetyczny z niewielką liczbą aktywnych węzłów sieci (producentów i dystrybutorów energii) ma swoje słabości. Po pierwsze, podatność na atak militarny lub terrorystyczny. Ataki na jugosłowiański system elektroenergetyczny w dniach 3 i 24 maja 1999 roku w ramach Operacji Allied Force przeprowadzone przez siły Sojuszu Północnoatlantyckiego (NATO) w trakcie wojny domowej w Kosowie z użyciem bomb grafitowych CBU-104(V)2/B pozbawiły na kilka godzin energii od 70 do 80% Jugosławii. Takie same skutki mogą mieć awarie w systemie elektroenergetycznym (*blackout*). Przypomnijmy chociażby awarie w Stanach Zjednoczonych z lat 1965, 1977, 1996, czy 2003. Drugą słabością dotychczasowego systemu jest wyczerpywanie się zasobów kopalnych. Rifkin podaje, że obecny system jest pozostałością drugiej rewolucji przemysłowej, opartej na węglu, gazie i ropie. W sytuacji gwałtownego rozwoju państw trzeciego świata kwestią czasu pozostaje wyczerpanie się tych zasobów. Trzecia słabość obecnego systemu, to niska efektywność. Na liniach przesyłowych od elektrowni do użytkowników końcowych tracone jest ok. 20% wyprodukowanej energii.

Odpowiedzią na wspomniane wyżej słabości ma być koncepcja sieci elektroenergetycznej wzorowanej na idei sieci „*peer-to-peer*”, w której użytkownik sieci jest jednocześnie producentem energii i jej konsumentem.

Fraktal to samodzielnie działający mikroproducent energii, którego działania związane z dzieleniem się wyprodukowaną przez siebie energią mogą być jednoznacznie opisane przez proste reguły w cyfrowym laboratorium analitycznym. Fraktale są samopodobne, ponieważ każdy oferuje usługi (chodzi o zasilanie sieci wyprodukowaną energią), wykazują samoorganizację integrując się w klastry bądź pozostając odizolowane w zależności od spełnienia prostych reguł efektywności energetycznej oraz charakteryzują się dużą dynamiką procesów użytkownika urządzeń energochłonnych, w zależności od wyników analizy predykcyjnej realizowanej na podstawie danych z systemu inteligentnego opomiarowania (inteligentnych liczników energii).

Fraktal staje się centralnym elementem społeczeństwa inteligentnej sieci dystrybucji energii. Fraktala nie sposób rozpoznać na podstawie cech zewnętrznych, inaczej – trudno jest odróżnić osobie postronnej, czy np. gospodarstwa rolne w gminie Thisted tworzą pod względem energetycznym jeden fraktal połączony siecią zależności, czy są odrębnymi fraktalami. Przyjrzyjmy się pokrótce

podstawowym własnościom fraktala w sensie mikroproducenta energii. Rozpocznijmy od cechy samopodobieństwa.

Samopodobieństwo mikroproducentów energii dotyczy właściwości strukturalnych projektowania organizacyjnego, rodzaju i sposobu wykonania usługi energetycznej, sformułowania celów energetycznych i dążenia do ich realizacji. Mamy zatem do czynienia z wielowymiarową analizą wymagającą podejścia zintegrowanego.

3RP wymaga zmian w kulturze organizacji. Od fraktala wymagana będzie zdolność wszystkich jego samopodobnych elementów do przedsiębiorczego myślenia i działania w dziedzinie pozyskiwania i użytkowania energii. Każdy pracownik organizacji, poprzez wykorzystanie samochodu elektrycznego, czy inteligentnych urządzeń domowych (ang. *Smart Appliances*), jest aktywnym węzłem sieci elektroenergetycznej.

Oczywiście, do uniezależnienia się energetycznego od dostaw gazu, węgla czy ropy naftowej można wykorzystać różne rozwiązania, co powoduje, że fraktale posiadające te same cele, wielkości wejściowe i wyjściowe mogą mieć różną strukturę wewnętrzną. Każdy, podobnie jak gmina Thisted, czy miasto Songdo w Korei Południowej (ang. *Smart City*) może wybrać swoją drogę.

Fraktal nie musi pozostawać w strukturze organizacyjnej swojej macierzystej organizacji. Może się całkowicie usamodzielić pod względem energetycznym. Na przykład gmina Thisted w 100% pozyskuje energię ze źródeł odnawialnych sprzedając nadwyżkę do systemu energetycznego w Danii. W tym sensie jest ona „niezależną wyspą” w duńskim systemie elektroenergetycznym. Wymaga to oczywiście ścisłego powiązania komunikacyjnego między jednostkami struktury systemu energetycznego, a sama struktura traktowana jest wówczas jak fraktal.

Samodzielność nie oznacza braku funkcji centralnych oraz braku koncentracji wiedzy specjalistycznej. W Thisted koordynacją zajmują się władze lokalne, natomiast koncentracja wiedzy ma miejsce w Nordyckim Centrum Energii Odnawialnej w Ydby²⁰. Ogólnie, możemy zaproponować, aby te funkcje spełniało cyfrowe laboratorium analityczne (CLA)²¹.

Podstawowe korzyści dla przemysłu energetycznego z utworzenia CLA w zakresie inteligentnych sieci elektroenergetycznych są następujące:

- utworzenie zespołu doradczo-opiniującego, w ramach którego będą opracowywane, m.in. analizy oraz oceny przyszłych uwarunkowań związanych z nowymi, środowiskowymi i technologicznymi wyzwaniami związanymi z aktywnym sterowaniem popytem w warunkach *Smart Grid*,
- koncentracja wiedzy, narzędzi, ludzi o odpowiednich umiejętnościach i kwalifikacjach poprzez utworzenie zespołu złożonego z dobrze przygotowanej, od-

²⁰ www.folkecenter.net (dostęp 18.07.2012).

²¹ Z.H. Gontar, *Centrum usług...*

powiednio przeszkolonej grupy kandydatów i zatrudnienie wysokiej klasy specjalistów,

- stworzenie obiektu (ang. *Smart Building*) i modeli demonstracyjno-szkoleniowych (ang. *Smart Grid Analytics*),
- ograniczenie kosztów związanych z opracowaniem nowych rozwiązań zarządzania stroną popytową²² oraz obsługi klastrów inteligentnych budynków w *Smart Grid* poprzez zintegrowanie funkcji wykonywanych niezależnie i unikanie dublowania procesów w poszczególnych jednostkach,
- utworzenie ujednoczonego rozwiązania analitycznego²³ w zakresie *DSM* w tym aplikacji do: obsługi inteligentnego domu, klastrów inteligentnych domów, dla agregatorów i pośredników handlu energią, dla operatorów, integracji z innymi aplikacjami,
- zapewnienie obsługi m.in. w zakresie usług: opracowywanie rozwiązań dla inteligentnych budynków, budowanie odpowiednich systemów informatycznych, analiza i wybór dostawców elementów infrastruktury, wprowadzanie standaryzacji i optymalizacji procesów w zakresie *DSM*, architektury *SGA* i funkcjonowania inteligentnych budynków, budowa najlepszych praktyk w tym zakresie, opracowanie systemu promowania oraz programów edukacji z zakresu *DSM* i *SGA*, badanie rynku odbiorców energii i usług dodatkowych w celu wyboru optymalnego programu *DSM* i rozwiązania technologicznego, opracowanie i prowadzenie systemu sprzedaży opracowanych rozwiązań (osiąganie zysków np. poprzez sprzedaż licencji lub usług dostępu do programów), utworzenie call center w zakresie obsługi utworzonych aplikacji oraz rozwiązań *DSM*.

Wszystkie informacje CLA byłyby dostępne wszystkim fraktalom. Jakość energii, jej ilość, oszczędne zużycie energii, niezawodność w dostawie energii, szybkość dostawy, to wszystko musi zagwarantować fraktal. Gdyby tego nie był w stanie zrobić, musi szukać wsparcia z zewnątrz, u innych fraktali. Fraktale zatem będą przygotowane do pełnienia wzajemnych usług w tym zakresie.

Druga cecha – samoorganizacja – dotyczy płaszczyzny operacyjnej, taktycznej i strategicznej. Samoorganizacja operacyjna oznacza zastosowanie właściwych metod do opanowania procesów. CLA musi zatem oferować wsparcie na poziomie identyfikacji procesów związanych ze zużyciem i dostawą energii, budowy modeli procesów na podstawie zgromadzonych w inteligentnych licznikach danych, badania zgodności, budowy modeli organizacyjnych i społecznych etc. Ułatwia to rozdział, pod względem energetycznym, między elementami organizacji o dużym zużyciu energii oraz integrację w sytuacji, gdy istniałyby elastyczne rozwiązania technologiczne. Samoorganizacja taktyczna i strategiczna wiąże się ściśle z trzecią cechą, a mianowicie dynamiką i witalnością.

²² Ang. *Demand Side Management* (DSM).

²³ Ang. *Smart Grid Analytics* (SGA).

Witalność to zdolność do adaptacyjnej reakcji na wpływy otoczenia. Cykl życia fraktala obejmuje koncepcję, realizację, dojrzałość, optymalizację, starzenie się i przestarzałość. Na witalność wpływ mają zarówno czynniki wewnętrzne, jak skuteczność kierownictwa, potencjał finansowy, jak i zewnętrzne, np. ustawodawstwo. Witalne elementy będą grupować się w celu służenia określonej całości. Ten mechanizm dynamicznego strukturyzowania realizowany jest na podstawie analizy zależności wewnątrz i między fraktalami. Warnecke proponuje zastosowanie analizy klastrowej do poszukiwania podobieństwa elementów oraz dążenie do upraszczania produktów i procesów. Zgadając się z nim, zauważmy, że da to możliwość opracowania przez CLA prostych reguł optymalizacji energetycznej fraktala.

3RP zakłada nowe wykorzystanie informacji i komunikacji. Przyjrzyjmy się temu, wykorzystując za Warnecke model komputerowo zintegrowanego wytwarzania²⁴.

CIM DROGOWSKAZEM W BUDOWIE *SMART GRID*

Przyjmuje się, że struktury organizacyjne i procedury zakładowe można usprawnić przez zastosowanie komputerowego wspomaganie systemów informacyjnych. Nie zawsze jest to prawdą. Często dochodzi do ich cementowania, a nie usprawnienia. W organizacji fraktalnej, współdziałanie między samosterującymi i samoorganizującymi się fraktalami charakteryzuje się dużą dynamiką. Systemy CIM wykorzystywane na potrzeby fraktali, muszą dostarczać systemów informacyjnych i nawigacyjnych. Zadaniem systemów nawigacyjnych będzie wsparcie dla samoczynnie dokonujących się ciągłych procesów usprawnienia energetycznego fraktali. W przeciwieństwie do CIM, zamiast szczegółowej kontroli, przeprowadzana będzie ocena fraktala ze względu na jego wyniki zużycia lub produkcji energii. Struktury organizacyjne będą same optymalizowane i modyfikowane przez każdy fraktal. Wyzwaniem jest modelowanie na podstawie danych i funkcji, aby można było dokonać optymalizacji fraktala za pomocą systemu wspomaganie komputerowego. Warnecke widzi tu szansę na zastosowanie podejścia obiektowego. Obiekt języka modelowania obiektowego utożsamia on z fraktalem i jego powiązaniem. Wymagane jest też zastosowanie techniki agentowej do automatycznego gromadzenia informacji od fraktali.

Wykorzystanie podejścia obiektowego i mechanizmu dziedziczenia ma zagwarantować spójność systemu celów fraktali. Nie oznacza to narzucania celów. Te mają być uzgadniane między uczestniczącymi fraktalami.

Powróćmy do problemu nawigacji fraktala. Metafora nawigacji została wprowadzona przez Warnecke dla określenia pozycji fraktala w przestrzeni ce-

²⁴ Ang. *Computer Integrated Manufacturing (CIM)*.

łów. Koordynacja centralna z poziomu CLA ma zadbać o sensowne działanie energetyczne fraktala, zapewniając w razie czasowego znalezienia się w tarapatach dostarczenie energii z zewnątrz.

Ważne jest rozróżnienie strony danych i strony metod. Dane są rozmieszczone, jak w fabryce fraktalnej, płasko, aby były dostępne z poziomu każdego fraktala. Ilość danych gromadzonych z inteligentnych liczników energii jest ogromna. Fizyczne rozmieszczenie centrum danych jest drugorzędne.

Dla problemów decyzyjnych pojawiających się ad hoc fraktal ma do dyspozycji w CLA modułowy zestaw metod analitycznych²⁵, które należy stale rozwijać. SGA należy więc utożsamiać z analizą danych pomiarowych z inteligentnych liczników energii elektrycznej²⁶. Według analityków z Pike Research²⁷ – SGA/SMDA obejmuje analizę danych na potrzeby zarządzania danymi klientów²⁸ oraz zarządzania danymi operacyjnymi sieci w czasie rzeczywistym²⁹. Możliwości, które mają pojawić się w przyszłości przez wprowadzenie nowych technologii, mogą być rezultatem analizy foresight i studiowania literatury fachowej. Do analizy tekstów, dla których występuje duża liczba źródeł informacji oraz formatów danych, brak jest obecnie dobrego instrumentarium. Odpowiedzią jest zbudowanie wyszukiwarki semantycznej, która umożliwiłaby automatyczne szukanie i znajdowanie właściwych informacji, zintegrowanej z analizą tekstów. Nawigacja i sterowanie fraktalnymi mikroproducentami energii stanie się dzięki temu możliwe.

HOMO ENERGETICUS

A TRZECIA REWOLUCJA PRZEMYSŁOWA

Koncepcja fraktalnych mikroproducentów energii opiera się na obrazie społeczeństwa inteligentnych sieci dystrybucji energii³⁰ i zmieniających się potrzebach energetycznych odbiorcy/producenta energii. Te zmiany mogą być inicjowane w małych społecznościach, jak w Thisted, przy wsparciu władz lokalnych.

Parafrazując słowa Adama Smitha możemy powiedzieć, że nie od przychylności władz oczekujemy, iż budynek, w którym mieszkamy/pracujemy będzie miał zerowe zużycie energii, lecz od ich dbałości o własny interes. Zwracamy się nie do ich humanitaryzmu, lecz do ich egoizmu i nie mówimy im o naszych potrzebach, lecz o ich korzyściach.

²⁵ Ang. *Smart Grid Analytics* (SGA).

²⁶ Ang. *Smart Meter Data Analytics* (SMDA).

²⁷ Pike Research, firma specjalizująca się w badaniach dotyczących czystych technologii, została przejęta w roku 2012 przez firmę doradczą Navigant Research: www.navigantresearch.com.

²⁸ Ang. *Customer Management Data Analytics*.

²⁹ Ang. *Grid Operation Data Analytics*.

³⁰ Ang. *Smart Grid Society*.

W Thisted rozwiązania uniezależniające energetycznie region są wprowadzane od roku 1974, czyli od kryzysu energetycznego i gwałtownego wzrostu cen ropy naftowej. W roku 1982 zapoczątkowano działalność ośrodka Nordyckiego Centrum Energii Odnawialnej w Ydby. Wprowadzenie tych rozwiązań to zatem wynik egoizmu władz w sensie uzyskania korzyści z uniezależnienia się energetycznego dla całego regionu.

Należy więc sformułować model *Homo Energeticus*³¹, którego charakteryzuje indywidualistyczne zachowanie i dążenie do osiągnięcia najwyższej korzyści z dostawy/użytkowania energii. Model nie będzie odnosił się do każdego aktywnego węzła sieci, ponieważ nie każdy zachowuje się racjonalnie, będzie jednak bliski rzeczywistości i będzie stanowić podstawę wizji aktywnego węzła sieci we fraktalu. Apele o zrozumienie konieczności wprowadzania rozwiązań energooszczędnych są mniej skuteczne od możliwości zaspokojenia egoistycznych potrzeb.

W modelu zakładamy, że aktywny węzeł sieci ma neutralny stosunek do innych węzłów. Uznajemy zatem, że drugorzędne znaczenie mają postawy typu zawiść, życzliwość. Zakładając istnienie struktury *Smart Grid*, z zapewnieniem niezbędnych zasobów i skutecznej infrastruktury i przejrzystymi celami energetycznymi, *Homo Energeticus* będzie czuł własną korzyść i użyteczność, niezależną od zaangażowania się w system. Władza i kompetencje dotyczące zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego są oddane aktywnym węzłom sieci. Aktywne węzły sieci uzyskują swobodne przestrzenie działalności energetycznej, ale też większą odpowiedzialność i ryzyko. Przyjmujemy, że będzie to *Homo Energeticus*, czy po prostu *Homo Oeconomicus* w społeczeństwie *Smart Grid*. To, co należy zrobić, to tylko dać możliwości wykorzystania swoich zdolności budując odpowiednią infrastrukturę i definiując przejrzyste cele. Wymaga to oczywiście ogromnego nakładu pracy.

Wizja fraktalnych węzłów sieci przeczy obecnej sytuacji, gdzie dostawcy energii dążą do tego, aby potrzeby energetyczne wykorzystać do własnych celów i nagradzać lojalność klientów, a nie ich osiągnięcia we wprowadzaniu rozwiązań energooszczędnych. Dostawcy energii używają swojej wiedzy do tego, aby nie wykształciły się żadne niezależne, samonośne struktury. Te ostatnie mogą powstać dopiero wtedy, gdy wśród dostawców energii dominować będzie albo zasada przedsiębiorstwa użytku publicznego – służba publiczna, albo odwołanie do korzyści – dostawca infrastruktury i czerpanie korzyści z pozycji integratora, konsultanta etc.

Aby utworzyć społeczeństwo *Smart Grid*, należy przełamać istniejące struktury rynku energii. Można to osiągnąć wyłącznie przez szeroką akceptację takiego postępowania.

³¹ A. Mason, *Homo Energeticus: Maturity, Inheritance, Identity*, „Environmental Research Letters”, 2013, Vol. 8, Issue 1.

Potrzeba będzie więcej osób z wiedzą energetyczną, kwalifikacjami menedżerskimi i umiejętnościami współpracy z innymi węzłami. Każdy węzeł sieci będzie bowiem jednocześnie przełożonym i podwładnym. Mówimy tu o spontanicznym porządku w sieci *Smart Grid*. Zauważmy przy tym, że nie wszyscy akceptują porządek spontaniczny. Wielu z nas woli wykonywać tylko określone zadania. *Smart Grid Society* wymaga twórczego zaangażowania się węzłów sieci.

Działanie człowieka w wysoce zautomatyzowanym otoczeniu *Smart Grid* (*Smart Grid, Smart Compliance*) nie jest sprzecznością, a wręcz czyni ekonomiczne zużycie energii możliwym. Biernego odbiorcę energii należy przekształcić w kierownika elektrowni, potrzebującego odpowiedniego szkolenia i kwalifikacji.

W społeczeństwie *Smart Grid* gwałtownie rośnie zapotrzebowanie na komunikację (wymiana informacji o celach, wartościach, ideach, konkretnych działaniach) między fraktalami. Skutecznie można nawigować tylko wtedy, gdy ustali się swoją pozycję oraz pozycję i kierunki innych jednostek.

Kształcenie zawodowe w zakresie energetyki i oferty dokszańców powinny zostać dostosowane do sytuacji *Smart Grid*.

PODSUMOWANIE

Termin *Smart Grid* został wprowadzony w 2005 roku w artykule *Toward a Smart Grid*³² na oznaczenie systemu elektroenergetycznego zbudowanego wokół idei przekształcenia biernych odbiorców energii w aktywne węzły sieci elektroenergetycznej, podejmujące działania w zakresie m.in. zarządzania zużyciem energii (redukowaniem konsumpcji, wpływaniem na profil zużycia energii poprzez sterowanie urządzeniami o znacznym poborze mocy jak np. urządzenia grzewcze, klimatyzatory, pralki itp.), dostarczania do systemu elektroenergetycznego nadwyżek energii ze źródeł odnawialnych (fotowoltaicznych, farm wiatrowych, małych elektrowni wodnych, kogeneracji) lub magazynowania energii. Tym samym, każdy odbiorca energii, po zainstalowaniu niezbędnej infrastruktury i oprogramowania, staje się jednocześnie producentem energii, podobnym do funkcjonujących obecnie elektrowni. To podobieństwo węzłów sieci każe zastanowić się nad jego implikacjami w zakresie projektowania struktury sieci elektroenergetycznej.

W warunkach 3RP, która została oficjalnie zatwierdzona w długoterminowych planach Unii Europejskiej, i przekształceniu wielkich wytwórni energii w miejscowe mikroelektrownie, pracujące na źródłach odnawialnych, którymi

³² M. Amin, B.F. Wollenberg, *Toward A Smart Grid*, „IEEE Power & Energy Magazine”, 2005, Vol. 3, No. 5, s. 34–41.

mogą stać się zarówno zakłady przemysłowe, biura, czy odbiorcy indywidualni, problemy poruszane w niniejszym artykule staną się ważnym elementem zarządzania przedsiębiorstwem. Przeniesienie rozwiązań i doświadczeń z przemysłu energetycznego na działania składające się na zarządzanie przedsiębiorstwem stanowić będzie jedno z podstawowych wyzwań, przed którym stoi dzisiejszy świat.

W niniejszym artykule zaprezentowana została koncepcja fraktalnej sieci mikroproducentów energii. Jej podstawowe zasady to: samoorganizacja, samopodobieństwo kierunków działania, przejrzystość przebiegów i wielkości stanu, motywacja jako centralna zasada kształtowania, kooperacja zamiast konfrontacji, przyjęcie celów jako własne, świadomość jakości jako coś oczywistego, granica współzawodnictwa nie kończy się na granicy fraktala. Metody to: stworzenie przestrzeni działania ze stopniami swobody, dynamiczne ewolucyjne struktury organizacyjne, samoopimalizacja, opisanie przebiegów i odwzorowanie stanów, stosowne do potrzeb użycie zasobów, stosowna do potrzeb komunikacja, przedsiębiorcze zachowanie fraktali, motywacyjny układ regulacji. Nowe formy organizacyjne wymagają procesu dojrzewania.

Bezpośrednia pozioma komunikacja między fraktalami oznaczać będzie więcej niż pionowy przepływ informacji od fraktala do integratora odpowiedzialnego za przyłączenie fraktala do sieci elektroenergetycznej. W odróżnieniu od dotychczasowych elektrowni, mikroproducentów energii będą ukierunkowani na proces i ustrukturuwani poziomo. Wymagać to będzie kierowania fraktalem w sensie decentralizacji oraz sterowanie przebiegiem procesów we fraktalu w sensie integracji. Zadanie jest na tyle złożone, że wymagać będzie poszukiwań własnej drogi w każdym fraktalu.

Wydawać by się mogło, że jest to wizja futurystyczna, która mogłaby być zrealizowana dopiero w dalekiej przyszłości. Tymczasem, już teraz funkcjonuje takie rozwiązanie w gminie Thisted w Danii. Jak podaje Jeremy Rifkin, *The surprise is why isn't everyone else doing what Thisted is doing? They are a lighthouse but this should be going on right now all over the world*³³.

LITERATURA

Amin M., Wollenberg B.F., *Toward A Smart Grid*, „IEEE Power & Energy Magazine”, 2005, Vol. 3, No. 5, s. 34–41.

Gontar Z.H., *Centrum usług wspólnych a wdrażanie systemów Smart Grid Analytics*. Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej. Budownictwo i Inżynieria Środowiska. Zeszyt 59 (nr2/2012/II).

³³ Tłumaczenie autorskie: *Zastanawiające jest, że nikt nie powiela przykładu gminy Thisted. Thisted to jasne światło latarni morskiej wskazujące właściwy kierunek działań. Wszyscy na świecie powinni podążać w tym kierunku.*

- Hardt E., *Thisted Municipality. A climate friendly region*, Ace & Ace, 2008.
- Mandelbrot B.B., *The Fractal Geometry of Nature*, W.H. Freeman and Company, New York 1977.
- Mason A., *Homo Energeticus: Maturity, Inheritance, Identity*, „Environmental Research” Letters, 2013, Vol. 8, Issue 1.
- Rifkin J., *The Third Industrial Revolution, How Lateral Power is Transforming Energy, the Economy, and the World*, Palgrave Macmillan 2011.
- Warnecke H.J., *Rewolucja kultury przedsiębiorstwa. Przedsiębiorstwo fraktalne*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1999.
- Wiatr K., *Superkomputery dla polskiej nauki*, „Forum Akademickie”, 09.2010.

Streszczenie

Temat artykułu związany jest z ideą trzeciej rewolucji przemysłowej Jeremy’ego Rifkina, według której wiodącą rolę w trzeciej rewolucji przemysłowej będą odgrywały te przedsiębiorstwa oraz instytucje, które staną się jednocześnie elektrowniami produkującymi energię elektryczną ze źródeł odnawialnych. Ocena przedsiębiorstw i instytucji w warunkach trzeciej rewolucji przemysłowej będzie koncentrować się na efektywności energetycznej procesów biznesowych realizowanych przez te organizacje. W tym sensie podstawową jednostką organizacyjną w warunkach trzeciej rewolucji przemysłowej będzie inteligentna organizacja, rozumiana jako pojedyncza elektrownia lub klastr przedsiębiorstw bądź instytucji rozumiany jako mikroścież elektroenergetyczna. W artykule wykazano, że wyniki tych rewolucyjnych przekształceń doprowadzą do powstania fraktalnej organizacji. Integracja współpracujących ze sobą – w sensie efektywności energetycznej – inteligentnych organizacji do postaci fraktalnej nastąpi dzięki wykorzystaniu koncepcji cyfrowego laboratorium analitycznego. Zostanie ono powołane do wykonywania analiz biznesowych i eksploracji procesów biznesowych z punktu widzenia ich efektywności energetycznej. Analityka biznesowa i eksploracja procesów oraz ich realizacja poprzez centrum kompetencji będą podstawą zarządzania korporacyjnego w warunkach trzeciej rewolucji przemysłowej.

The remarks on smart electricity grid and the Third Industry Revolution

Summary

Subject of the paper is associated with the idea of the Third Industrial Revolution by Jeremy Rifkin. According to Rifkin, every enterprise in the Third Industrial Revolution will be a green energy efficient micro-power plant. Enterprise valuation in the Third Industrial Revolution will focus on the energy efficiency of business processes within a micro-plant, between micro-plants in a microgrid, and between micro-plant/microgrid and the external environment. In this sense, the basic organization unit of enterprise will be smart organization, understood as isolated energy company or cluster of companies in the sense of energy microgrid. The paper argues, that the results of these transformations of enterprises will lead to the creation of fractal organizations. The integration of smart organizations into fractal organization will be concentrated around digital analytical laboratory, performing the analysis which could be described as business analytics and process mining. The paper argues, that business analytics analysis and process mining, and their implementation through competency center will be the core of enterprise management in the Third Industrial Revolution.