

Marzena KRAMARZ*, Włodzimierz KRAMARZ

MODELOWANIE SYMULACYJNE SIECI DOSTAW JAKO ZŁOŻONYCH SYSTEMÓW ADAPTACYJNYCH

Streszczenie

W artykule podjęto dyskusję nad modelowaniem sieci dostaw jako złożonego systemu adaptacyjnego. Koncepcja badań obejmuje istotne aspekty związane z problemami adaptowania się do zmian otoczenia z perspektywy ogniwa łańcucha dostaw (integratora), budującego złożone relacje z innymi ogniwami w sieci. Integratorzy pełnią szczególnie istotną rolę w koordynacji procesów logistycznych w sieciach dystrybucji lub szerzej w sieciach dostaw. Łączenie zróżnicowanych wyspecjalizowanych zasobów postrzegane jest jako szansa oferowania nowych unikatowych usług a także, ze względu na odroczonej produkcję, form produktu w obszarze dystrybucji. W związku z tak przyjętym założeniem rozważono modelowanie symulacyjne sieci dostaw z wykorzystaniem dynamiki systemów zarządzania.

Słowa kluczowe: złożone systemy adaptacyjne, dynamika systemów zarządzania, sieci dostaw, integrator

1. WPROWADZENIE

W sieciach logistyczno - produkcyjnych zorientowanych na kompleksowe realizowanie zamówień klienta w czasie przez niego akceptowanym podwykonawstwo zadań jest szansą na wywiązanie się z wysokich standardów obsługi. Jednym z istotniejszych kryteriów oceny takiej sieci dostaw jest stopień odporności na zakłócenia w przepływach materiałowych i informacyjnych oraz na inne losowe niepowodzenia lub celowe ataki, a także zdolność adaptowania się do zmiennych warunków otoczenia. W artykule podjęto dyskusję nad modelowaniem sieci dostaw jako złożonego systemu adaptacyjnego. W związku z tak przyjętym założeniem rozważono modelowanie symulacyjne sieci dostaw z wykorzystaniem dynamiki systemów zarządzania. Artykuł jest wynikiem prac badawczych prowadzonych w ramach projektu badawczego: „System wspomaganie decyzji logistycznych integratora sieci dystrybucji na przykładzie wyrobów hutniczych”, które zaowocowały wydzieleniem tego problemu badawczego jako niezwykle interesującego we współczesnych łańcuchach dostaw. W pierwszej części artykułu wskazane zostały te atrybuty sieci dystrybucji, które umożliwiają adaptacyjność łańcuchów dostaw do trudno prognozowanych zmian otoczenia. W związku z tak rozumianą charakterystyką sieci dystrybucji w drugiej części odniesiono te atrybuty do teorii Złożonych Systemów Adaptacyjnych. W konsekwencji rozważono jedna z metod uwzględnianych w metodologii analizy złożonych systemów adaptacyjnych – dynamikę systemów zarządzania. W podsumowaniu wskazano kierunki dalszych badań.

2. SIECI DOSTAW I SIECI DYSTRYBUCJI

Organizacja systemu logistycznego w łańcuchu dostaw koncentruje się na dostosowaniu potencjału podażowego do popytu na dobra i usługi. Ze względu na zmienność popytu oraz trafność prognoz dedykowanymi rozwiązaniami może być koncepcja szczupłego łańcucha, przy masowych produktach o dużej trafności prognoz, lub elastycznego łańcucha, przy zindywidualizowanych produktach o dużej zmienności popytu. Tak określone charakterystyki łańcucha dostaw pociągają za sobą różne wymagania zasobowe a także odmienne

* Politechnika Śląska, Wydział Organizacji i Zarządzania,

uwarunkowania kształtowanych więzi międzyorganizacyjnych. W elastycznych łańcuchach dostaw przedsiębiorstwa są zmuszone kooperować także z konkurencją (kooperencja), zwłaszcza gdy jest ona skoncentrowana na innej niszy rynkowej. Motyw kooperacji dla pozyskania wyspecjalizowanych zasobów pozwala przedsiębiorstwom koncentrować się na rozwijaniu swoich kluczowych kompetencji, zamiast na inwestycjach w zupełnie nowe technologie.

Elastyczne, czy inaczej zwinne, łańcuchy dostaw dedykowane są produktom silnie różnicowanym również na etapie dystrybucji. W zależności od lokalizacji materiałowego punktu rozdziału łańcucha dostaw [11,12,13], rozdzielającego część łańcucha zorientowaną na stronę podażową (strategia push) od części łańcucha zorientowanej na stronę popytową (strategia pull) elastyczność budowana poprzez relacje międzyorganizacyjne jest przesłanką tworzenia sieci zaopatrzenia, sieci produkcyjnych lub sieci dystrybucji. W artykule uwagę skoncentrowano na sieciach dystrybucji, które są wynikiem zlokalizowania materiałowego punktu rozdziału na etapie produkcji na magazyn oraz montowania na zamówienie. Relacje sieciowe umożliwiają rozszerzenie puli zasobów o zasoby kooperantów w sieci. Tak zaprojektowana sieć wymaga odpowiedniego sterowania przepływami materiałów pomiędzy współpracującymi przedsiębiorstwami. W tym miejscu podkreślić należy, że badania w zakresie sterowania przepływami są bardzo obszerne z perspektywy łańcucha dostaw, jednakże nieliczne prace naukowe podejmują dyskusję nad sterowaniem przepływami materiałowymi w sieci współpracujących przedsiębiorstw i ten problem jest rozwijany przez autorów w ramach projektu badawczego własnego: System informatyczny wspomagający sterowanie przepływami materiałów w sieci przedsiębiorstw na przykładzie wyrobów hutniczych. Wartością przedstawionej w niniejszym artykule koncepcji jest uwzględnienie kooperacji w sieci i charakterystyk podmiotów tworzących sieć jako czynników determinujących zdolność przedsiębiorstwa dystrybucyjnego do adaptowania się do zmian otoczenia.

Koncepcja badań nakierowana jest więc na istotne aspekty związane z problemami adaptowania się do zmian otoczenia z perspektywy ogniwa łańcucha dostaw odpowiedzialnego za synchronizację części popytowej i podażowej poziomu dystrybucji. Na stopień adaptacyjności przedsiębiorstw w sektorze dystrybucji wpływ mają czynniki endogeniczne związane między innymi z posiadanymi zasobami i ukształtowanymi relacjami oraz egzogeniczne związane z czynnikami w sferze mikro- i makro -otoczenia. W koncepcji rozważono możliwość modelowania symulacyjnego z wykorzystaniem metody Dynamiki Systemowej z uwzględnieniem czynników endogenicznych i egzogenicznych.

W sieciach współpracujących przedsiębiorstw ogromną rolę w zakresie koordynacji procesów przyjmują integratorzy, którzy w artykule odniesieni zostali do przedsiębiorstwa będącego punktem rozdziału zlokalizowanym na poziomie dystrybucji. Podmiot przejmujący zadania organizacji sieci i / lub koordynacji określany jest w literaturze jako: koordynator, jednostka flagowa, kreator, broker, centrum sieci, dyrygent, orkiestrator. Podmiot ten ma w literaturze [3,9,16] przypisanych wiele funkcji, w tym zwłaszcza:

- stworzenie pomysłu i inicjowanie sieci,
- identyfikacja kluczowych kompetencji i projektowanie mapy procesów,
- dobór partnerów gospodarczych,
- przydział procesów poszczególnym parterom według kryterium posiadanych kompetencji,
- administrowanie, koordynacja zapewnienie sprawnej wymiany informacji w strukturze sieciowej,
- zapewnienie procesu dostarczania produktu do klienta,
- rozliczenie transakcji z klientami zewnętrznymi oraz pomiędzy uczestnikami wewnętrznymi,

- utrzymanie spójności struktury sieciowej oraz wysokiego poziomu aktywizacji uczestników sieci,
- kreowanie tożsamości i kultury organizacyjnej sieci,
- monitorowanie procesów i działalności struktury sieciowej,
- nawiązywanie nowych form współpracy oraz umożliwienie dostępu do zwiększonych zasobów finansowych i informacyjnych.

Coraz częściej zarówno publikacjach, jak i w praktyce gospodarczej podkreśla się, że gra biznesowa idzie nie o własność, ale o kontrolę i umiejętne łączenie wyspecjalizowanych zasobów i kompetencji, które mogą być obce. Ta umiejętność tworzenia horyzontalnej architektury dla maksymalizacji wartości dla klienta staje się najbardziej poszukiwaną, kluczową kompetencją biznesu XXI w., decydującą o uzyskaniu przewagi konkurencyjnej na istniejących rynkach bądź tworzeniu nowych rynków. Niezależnie od przyjętej strategii konieczne jest poznanie dopuszczalnych granic pomiędzy dostosowywaniem do siebie poszczególnych części organizacji a jej podziałem, ponieważ ich przekroczenie jest przyczyną porażek [19]. Wyniki przeprowadzonych badań przez Pascala (1990) dowodzą, że zbyt silne dążenie do wewnętrznej równowagi w złożonym systemie organizacji prowadzi do porażek. Sukcesy osiąga się odchodząc od równowagi, uwzględniając sprzeczności pomiędzy stabilnością i niestabilnością, ścisłą i elastyczną kontrolą, centralizacją i decentralizacją. Takie podejście do zarządzania jest szczególnie istotne w silnie złożonych systemach jakimi są sieci dostaw, w tym: sieci dystrybucji, zaopatrzenia i logistyczne.

Sieci gospodarcze wg M. Ciesielskiego to sieci przedsiębiorstw, tworzone w celu opracowania nowego produktu, wymiany zasobów, uzyskania korzyści skali, obniżki kosztów, zwiększania konkurencyjności itd. Dzielią się one na poziome i pionowe. Te pierwsze to sieci tworzone przez producentów podobnych lub takich samych dóbr. Sieci pionowe, czyli sieci dostaw, to zbiory przedsiębiorstw powiązanych ze sobą w relacji <dostawca-odbiorca>. Nazywa się je powszechnie łańcuchami dostaw [6,7].

S.Krawczyk [14] definiuje sieci jako formę organizacji, w której przynajmniej dwie prawnie samodzielne i formalnie niezależne jednostki przyjmują i akceptują obowiązek przestrzegania określonych, względnie stabilnych relacji, które ograniczają ich swobodę działań rynkowych ale nie wprowadzają zależności hierarchicznych. Kluczowymi dla pojęcia tak rozumianej sieci są długoterminowe umowy określające zasady współpracy.

H. Brdulak [2] podkreśla, że sieci dostaw, są nieco inną formą łańcuchów dostaw, choć zdarza się, że pojęcia te są utożsamiane. Według jej badań, a także opinii innych autorów, specjalizujących się w zagadnieniach logistycznych [1, 23] sieci dostaw charakteryzują się zarówno sekwencyjnością, jak też równoległością procesów, przy czym jeżeli chodzi o relacje między organizacjami znajdującymi się wewnątrz sieci, to są one zarówno kooperacyjne, jak też konkurencyjne [2]. Jak więc można zauważyć w ostatnich 3 latach pojęcia sieci i łańcuchów dostaw, do tej pory budzące kontrowersje i często stosowane wymiennie, znalazły swoje ścisłe definicje spójne w publikacjach różnych autorów. We wszystkich publikacjach podkreślana jest istota więzi międzyorganizacyjnych jako istotnego atrybutu sieci.

Tworzenie sieci dystrybucji to więc także budowanie więzi i zależności między przedsiębiorstwami będącymi uczestnikami tejże sieci oraz projektowanie reguł koordynacji procesów i zarządzania relacjami.

Stąd tak istotne jest wytypowanie kluczowych atrybutów relacji międzyorganizacyjnych w sieci, które umożliwiają ich klasyfikację. Najczęściej podkreślanym atrybutem relacji międzyorganizacyjnych jest poziom ich intensywności.

Na podstawie typów relacji, określonych wg kryterium poziomu intensywności współpracy w sieci J. Vainio zaproponował trzy typy sieci [22]:

- sieć o luźnych powiązaniach,
- współpraca koncepcyjna,
- sieć hierarchiczna.

Sieć o luźnych powiązaniach charakteryzuje się większą skłonnością przedsiębiorstw do czerpania korzyści z udziału w sieci niż do kontrybucji. Cechuje się również brakiem poczucia wspólnoty [10]. Z kolei współpraca koncepcyjna stanowi bardziej sformalizowany (najczęściej spisany umową) rodzaj sieci złożonej z niezależnych organizacyjnie i prawnie przedsiębiorstw. W nawiązaniu do systemu dystrybucji ten typ sieci jest analogiczny do dystrybucyjnych kanałów kontraktowych. W sieci hierarchicznej jeden z podmiotów przyjmuje pozycję dominującą i narzuca warunki współpracy innym uczestnikom sieci. W nawiązaniu do sieci kształtowanej na poziomie kanałów dystrybucji można ten typ odnieść do kanałów administrowanych. Jest to najbardziej sformalizowana forma kooperacji pomiędzy centralnym przedsiębiorstwem a innymi podmiotami.

Luźne relacje pomiędzy elementami systemu są szczególnie istotne w przypadku gdy przedsiębiorstwa stają przed nieprzewidywanymi sytuacjami. Wydaje się, że złożoność systemów logistycznych w sieciach współpracujących przedsiębiorstw pozwala na kombinację tych dwóch sposobów kształtowania więzi, co z jednej strony pozwala na zachowanie stabilności i względnej równowagi w wąskim obszarze organizacji połączonych silnymi więziami a z drugiej strony, szerokie możliwości elastycznego reagowania dzięki luźnemu kojarzeniu organizacji dla realizacji zadań trudno prognozowanych lub wynikających z wychwytywania okazji rynkowych.

Przeprowadzone badania w sieci dystrybucji wyrobów hutniczych [12] pozwoliły na identyfikację czynników determinujących formę współpracy pomiędzy przedsiębiorstwami. W tabelicy 1 zestawiono analizowane czynniki dla trzech stopni kooperacji w sieci dystrybucji wyrobów hutniczych.

Tablica 1. Poziomy więzi w relacjach sieciowych

Poziomy kooperacji wg intensywności więzi			
Intensywność	Poziom kooperacji I (ograniczona integracja)	Poziom kooperacji II (integracja dla realizacji zadań wynikających ze wspólnych celów i/lub zasobów)	Poziom partnerstwa III – silna integracja, wspólna realizacja procesów
Typ sieci	Luźne relacje	Współpraca koncepcyjna,	Współpraca koncepcyjna/sieć hierarchiczna,
Czas	krótkie horyzonty czasowe	średni/długi czas współpracy	Średni/długi czas współpracy
Zaufanie	Ograniczone	Średni poziom	Wysoki poziom

Źródło: *Opracowanie własne*

Luźne relacje między elementami (węzłami), są ważne dla elastyczności złożonych systemów jakimi są sieci współpracujących przedsiębiorstw, lecz równocześnie zwiększają złożoność systemów w takim stopniu, iż czynią je trudnymi do zrozumienia i przewidywania ich zachowań. W wielu badaniach prowadzonych na przełomie ostatnich kilkunastu lat podkreśla się jednakże, że poprzez powiązania z innymi organizacjami następuje nie tylko adaptowanie się do zmian w otoczeniu, ale także współkreowanie zmian w tym otoczeniu.

3. PRZEGLĄD MODELI PODWYKONAWSTWA W SIECIACH PRODUKCYJNO – LOGISTYCZNYCH

Integrator sieci uwzględniając różne typy relacji musi podejmować decyzje o zleceniu części zadań innym organizacjom w sieci jako podwykonawstwo. W zależności od ilości kooperantów i różnych typów relacji mogą w ten sposób powstawać bardzo złożone systemy zarządzania, które umożliwiają adaptacje do zmiennych warunków otoczenia. W sieciach logistyczno - produkcyjnych zorientowanych na kompleksowe realizowanie zamówień klienta w czasie przez niego akceptowanym podwykonawstwo zadań jest szansą na wywiązanie się z tych wymagań. Badania nad podwykonawstwem w sieciach współpracujących przedsiębiorstw są bardzo szerokie i obejmują wiele nurtów badawczych. Chen i Li (2008) zaproponowali model decyzyjny obejmujący podwykonawstwo i harmonogramowanie pracy. W proponowanym przez nich modelu operacje produkcyjne, sposoby realizacji zamówienia i przyjmowania zamówień od grupy klientów określane są na początku okresu harmonogramowania [4]. Autorzy proponują wprowadzenie rang, które zamówienia muszą być realizowane jako priorytetowe i które zamówienia powinny być zlecane podwykonawcom. W prowadzonych badaniach tym samym koncentrują się na jednorodnych (homogenicznych) zasobach własnych organizacji bazowej oraz kooperantów. Autorzy analizowali rezultaty opcji podwykonawstwa w kontekście poprawy kompleksowości realizacji zamówień. Przedstawiona w niniejszym artykule koncepcja badań wykorzystuje niektóre determinanty proponowane przez Chen i Li (2008) a także koncepcję ustalania priorytetów podwykonawstwa. Przedmiotem badań są bowiem te zdarzenia, gdy integrator dostaje zlecenie przekraczające zdolności zasobów własnych w ustalonym okresie czasu. W tym sensie jest to nawiązanie do modelu harmonogramowania z podwykonawstwem. Jeśli firmy zlecają całe operacje, niemożliwe do wykonania w ramach własnych zasobów podwykonawcom, niepewne potrzeby łańcucha dostaw są zredukowane przez efekt dywersyfikacji ryzyka, co nawiązuje do potrzeb budowy relacji sieciowych w ramach danego punktu w łańcuchu dostaw. Autorzy wyodrębnili też istotne czynniki, które uwzględniane są w podejmowaniu decyzji o podwykonawstwie: zdolności produkcyjne, koszty produkcji na czas, żądania klienta, dostępność zasobów podwykonawców, ich koszty produkcji, czas realizacji dostawy między przedsiębiorstwem bazowym a podwykonawcą. Model podwykonawstwa jest więc istotny jeśli firma musi optymalizować relacje trade – offs dla tych czynników.

Nawiązując do faktu, że czas produkcji jest limitowany dostępnymi zdolnościami własnych zasobów producenta może być on niesatysfakcjonujący do zaspokojenia maksymalnych progowych potrzeb klientów. Tak więc przy przekroczeniu zdolności produkcyjnych centralny węzeł (integrator) musi podjąć dwojakie decyzje: które zadania mają być realizowane na własnych zasobach z uwzględnieniem priorytetów realizacji, a które zlecane jako podwykonawstwo. W modelu Chen i Li (2008) uwzględniono wielorakie, identyczne linie produkcyjne dostępne w zakładzie produkcyjnym przedsiębiorstwa bazowego oraz identyczne będące własnością ściśle określonych subkontraktorów. Ten model, najbliższy prezentowanej koncepcji badań, rozwinięty będzie o zróżnicowanie relacji według wyznaczonych w rozdziale 1 atrybutów.

Dyskusje nad korzyściami podwykonawstwa toczą się już od kilkunastu lat. Wielu autorów rozważa korzyści i rezultaty jakościowe podwykonawstwa. Jednakże analityczne modele, które studiują obszar podwykonawstwa są ograniczone do wybranych aspektów. W literaturze wiele modeli podwykonawstwa koncentruje się na wypracowaniu modelu zapasów. Yang (2005) rozważał na przykład produkcyjno – outsourcingowo – zapasowy model z uwzględnieniem przepustowości magazynów i zdolności produkcyjnych zasobów będących własnością koordynatora. Lee (1997) oraz Logendran i Puvanunt (1997) rozważają

podwykonawstwo wspólnie z decyzjami planowania produkcji w kontekście elastycznych systemów wytwarzania. Bertrandi Svidhawn (2001) analizują środowisko wytwarzania wartości dla realizowanych zamówień (make - to - order) gdzie zamówienia nadchodzą przez cały czas losowo i mogą być albo procesem realizowanym na miejscu lub jako podwykonawstwo. Celem jest dążenie do maksymalizacji zużycowania (zagospodarowania) zdolności na miejscu koordynatora przy minimalizacji transakcji z uwzględnieniem priorytetów realizacji zamówień. Lee (2002) proponuje wieloetapowy model harmonogramowania gdzie każde zamówienie wymaga wielorakich operacji i każda operacja może być wykonywana na liczbie alternatywnych maszyn na miejscu lub jako podwykonawstwo. Celem jest minimalizacja okresu wykonawczego dla kompleksowego zrealizowania danego zamówienia. Qi (2008) rozważa problem gdy przedsiębiorstwo dysponuje na miejscu jedną maszyną i ma do wyboru jedno podwykonawstwo z pojedynczą maszyną. Zamówienie podwykonawcy musi być transportowane w partiach. Celem jest minimalizacja ważonej sumy czasu realizacji dostawy przedstawiona czasem realizacji zamówienia oraz całkowitymi kosztami podwykonawstwa i transportu. Proponuje on algorytm dynamicznego programowania dla 4 problemów gdzie przedstawioną jednostką jest kompleksowy czas realizacji w tym czas wykonania, maksymalne opóźnienie, liczba spóźnionych zamówień.

4. TEORIA CAS A SIECI DOSTAW

Sieci dystrybucji, tworzone w elastycznych łańcuchach dostaw w materiałowym punkcie rozdziału typu wytwarzanie na magazyn lub montaż na zamówienie, jak wykazano w rozdziale 1 oraz 2 mogą być określone jako złożone systemy. Elementami tego systemu są organizacje realizujące funkcje logistyczno – marketingowe w obszarze kanałów dystrybucji. Relacje, które tworzą te organizacje różnią się przede wszystkim czasem, intensywnością i stopniem formalizacji. Sieciowy układ dystrybucji ma na celu łączenie przedsiębiorstw dystrybucyjnych o różnym zasięgu geograficznym, skoncentrowanych na różnych niszach. Zróżnicowanie relacji międzyorganizacyjnych a także rozmyte granice tego systemu mają na celu zwiększenie stopnia adaptacji przedsiębiorstw do zmiennych warunków otoczenia a z drugiej strony dają możliwość wychwytywania szans rynkowych. System dystrybucji jest układem zasileń, informacji, transformacji i sprzężeń zwrotnych. W jego badaniu istotne jest uwzględnienie analizy przyczynowo skutkowej dla całego systemu a nie tylko dla poszczególnych tworzących go części. W systemie konieczne jest badanie różnych więzi tworzących sprzężenia zwrotne. Jednym z nich jest ujemne sprzężenie, które w określonych warunkach generuje stabilność, drugim dodatnie sprzężenie, które wywołuje odwrotny skutek [19]. J. Rokita (2009) uważa, że aby móc badać systemy zarządzania należy je traktować jako systemy złożone. Złożoność jest pojęciem względnym i zależy od:

- liczby i charakteru interakcji między zmiennymi,
- rodzaju systemu (otwarty, zamknięty),
- rodzaju relacji między zmiennymi (liniowe, nieliniowe) – w systemach liniowych wartość całego systemu rośnie w wyniku dodawania wartości jego części, w systemach nieliniowych cechy wyłaniają się w wyniku interakcji pomiędzy częściami systemu – całość jest wynikiem interakcji między częściami,
- umiejscowienia w czasie reakcji na działanie systemu (odpowiedzi bezpośrednie lub pośrednie, natychmiastowe lub opóźnione).

W przypadku sprzężeń zwrotnych ważną rolę odgrywają opóźnienia w reakcji pomiędzy:

- stwierdzeniem istnienia jakiegoś stanu systemu a oczekiwanym stanem,
- podjętym działaniem korekcyjnym a osiągnięciem oczekiwanego stanu systemu.

Organizacja jest siecią nieliniowych pętli sprzężeń zwrotnych. Kiedy pętle te są zdominowane przez sprzężenia ujemne, organizacja znajduje się w stanie stabilności. Gdy pętle te są tworzone przez sprzężenia dodatnie organizacja staje się niestabilna [Rokita J. 2009]. Interakcje pętli sprzężeń zwrotnych, które są opozycyjne względem siebie lub się neutralizują albo równoważą są podstawowym źródłem chaosu i złożoności. Ich zrozumienie jest podstawą do radzenia sobie ze złożonością i współzależnością elementów systemu. Wielu autorów podkreśla znaczenie teorii chaosu w rozumieniu Złożonych Systemów Adaptacyjnych [19,15,17,20]. Chaotyczność organizacji jest określana przez stopień wolności jego procesów komunikacji i współpracy. U.R.Müller 2005 podkreśla że im bardziej swobodny jest system kierowania, tym bardziej skomplikowana jest siatka jego powiązań a także możliwe schematy jego działania i zachowania i tym bardziej kreatywnie prowadzi ta organizacja walkę konkurencyjną. Główną kategorią teorii chaosu jest antraktor. R.Krupski (2005) definiuje antraktor jako wyróżniony stan dynamiki układu, do którego nieliniowo zbiegają elementy układu. Jest to swoista granica, do której dąży nieliniowy układ dynamiczny. Długookresową dynamiką rządzą jego antraktory a kształt antraktora określa jaki rodzaj dynamiki występuje. Kształt antraktora jest tym co można przewidzieć.

Od 2001 roku podejmuje się w pracach naukowych dyskusję nad możliwością zastosowania teorii CAS (Złożonych Systemów Adaptacyjnych – Complex Adaptive Systems). Dyskusja ta zapoczątkowana została artykułem Choi, Dodey i Rungtusanathnam (2001), którzy wskazali, iż współczesne zarządzanie łańcuchami dostaw wymaga adaptacji do zmian w skomplikowanych globalnych sieciach organizacji. Pathak i inni, kontynuując tę dyskusję (2007) rozważają jak założenia CAS mogą być zastosowane organizacji złożonych i adaptacyjnych warunków w sieciach dostaw włączając w te rozważania adaptacje na poziomie pojedynczego przedsiębiorstwa, relacje kupujący – dostawca, strukturę całej sieci dostaw, zmiany środowiska oraz mechanizm sprzężenia zwrotnego. Skoro bowiem organizacje wykazują adaptacyjność i potrafią funkcjonować w złożonych środowiskach z wieloma typami relacji i interakcji (kooperacja, koegzystencja, kompetycja itd.) jest to naturalna droga by identyfikować sieci dostaw (a w tym sieci dystrybucji) jako CAS. Sieci dostaw rozważane w kategorii CAS [5,18,21] są zbiorem węzłów produkcyjno – logistycznych połączonych różnymi typami relacji, które wykazują działania adaptacyjne w odpowiedzi na zmiany w środowisku i systemie samych węzłów. Działania te obejmują zarówno reakcję w poszczególnych węzłach, jak i w relacjach między nimi. Węzły te mogą więc ewaluować w czasie. Własność sieci dostaw traktowanych jako CAS – jednoczesna reakcja na poziomie wzorców zachowań poszczególnych organizacji, jak i na poziomie relacji kształtowanych między węzłami – powoduje że zmiany w otoczeniu wywołują nieliniowe reakcje sieci jako systemu. Stąd też jak zauważa J.Stewart (1996) niewielka zmiana w otoczeniu może spowodować bardzo silne zmiany w systemie lub na odwrót silny impuls zmiany w otoczeniu może wywołać niewielkie zmiany w sieci. Pathak i inni (2007) argumentują, że mimo to stosowna analiza może dawać pewną wiedzę w zakresie wzorca czynników zachowań (antraktor), które są przypuszczalne do rozwinięcia w systemie w czasie. Krupski (2005) podkreśla, że w teorii i praktyce zarządzania antraktor (wzorec) można sprowadzić do określonych, znanych przebiegów trajektorii zachowań układu, ich końców oraz różnych punktów równowagi. Takimi antraktorami są więc:

- cykl życia produktu,
- cykl życia rynku,
- cykl życia organizacji,
- cykl życia sektora,
- cykl życia strategii,
- cykl życia okazji.

Choi i inni (2001) wskazują że, sieć dostaw jako CAS może reagować na zmiany otoczenia także poprzez wymianę poszczególnych węzłów. Czynniki środowiskowe mogą bowiem spowodować zmiany, do których niektóre węzły nie będą w stanie się zaadaptować. Pathak i inni (2007) zauważają także że CAS jest rekurencyjny i rekombinuje i wykształca się w czasie. Badania interdyscyplinarości CAS obejmują między innymi organizacyjną adaptację [8]. Posumowanie najistotniejszych publikacji w zakresie CAS wskazuje tab. 2.

Tablica 2. Publikacje i badania w zakresie metodologii złożonych systemów adaptacyjnych

Publikacje i badania	Obszar	Artykuły nawiązują do	Reprezentatywne publikacje
TEORETYCZNE	<ul style="list-style-type: none"> • adaptacja organizacyjna, innowacje, organizacyjne uczenie się • mechanizmy komunikacji w CAS • perspektywy CAS stosowane dla budowania teorii (np. teoria wyboru klienta) • podobieństwa między złożonością a teorią systemów • dystrybucja podejmowania decyzji i koordynacja węzłów w CAS • nauczanie węzłów i strategiczny rozwój • modelowanie za pomocą CAS bazy ekosystemu biznesu • projektowanie • zarządzanie bazą dostaw 	Agenci i schematy Jaźń organizacji Powiązania Sprzężenia zwrotne Krajobraz sprawności Kooewolucja Adaptacja Nauczanie	Barabaasil (2002) Lissack i Letiche (2002) Allen i Strathern (2003) Dodley i inni (2003) Downs i inni (2003) Newman (2003) Anderson iinni (2003) Richardson (2004)(2007) Choi i Kuruse (2006) Peltoniemi (2006) Twomey (2006)
METODOLOGIA	<ul style="list-style-type: none"> • dynamika systemów • teoria kolejek • modelowanie bazy agentów organizacji i sieci dostaw • mechanizmy uczenia się agentów • modelowanie dynamicznych sieci • studia przypadku dla badania strategii organizacji, innowacji, ewolucji, pozytywnych sprzężeń zwrotnych, rozwoju nowych produktów 	Nauka i adaptacja Własności organizacji Agenci i schematy Krajobraz sprawności	Lin i Schaw (1998) Tan (1999) Chatfield (2001)(2002) Anderson i inni (2003) Lichtenstein, Dodey I Lumpkin (2006) Dodey I Gartner (2007)

Źródło: Opracowanie na podstawie [18]

5. KONCEPCJA MODELU SYMULACYJNEGO – ISTOTA MODELI DYNAMIKI SYSTEMÓW ZARZĄDZANIA

Spośród wymienionych metod szczególną uwagę autorzy zwrócili na symulacje z wykorzystaniem Dynamiki Systemów Zarządzania. Symulowanie skutków potencjalnych decyzji wymaga tworzenia modeli przyczynowo – skutkowych i prowadzenia na nich określonych eksperymentów. Dynamikę systemów w naukach o zarządzaniu zapoczątkował Forrester (1958) a następnie rozpropagował Senge (1990). W swoich racach zauważyli, że struktura sprzężeń zwrotnych generuje wzorce zachowań. Powoduje to trudności w znajdowaniu związków przyczynowo – skutkowych generujących zachowania. Skutki działań powstają często po upływie czasu, co również utrudnia identyfikację przyczyn. Dynamika systemu podlega na jego zmianie wraz z upływem czasu. Badając więc dynamikę sieci dystrybucji jako złożonego systemu adaptacyjnego należy odpowiedzieć sobie na pytania podobne stawianym dla tradycyjnego systemu zarządzania [19]:

- Czy system zmienia się i czy zmiany te są możliwe do uchwycenia (np. dwa stany systemu w określonym przedziale czasu)
- Czy przesunięcie się pomiędzy tymi stanami cechuje się ruchem stałym, jednostajnym, czy też nie?
- Czy jest on przewidywalny czy nie?

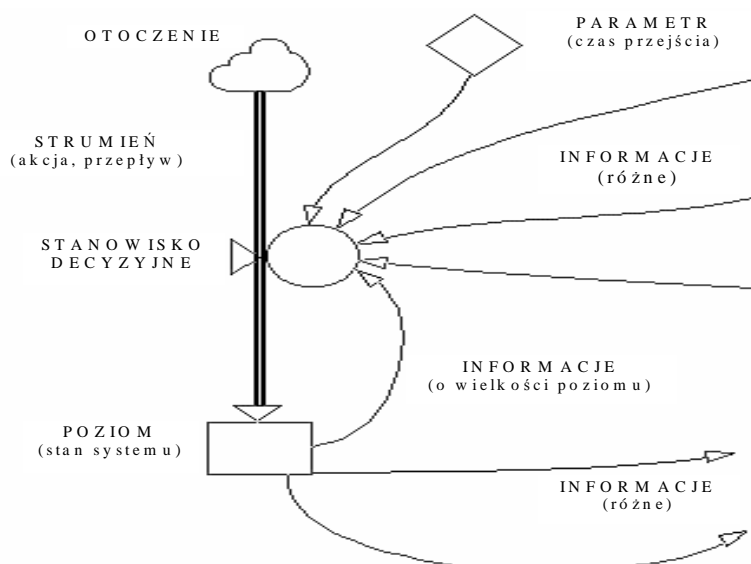
W systemach organizacyjnych możliwe są następujące sytuacje: system jest bliski równowagi z otoczeniem, co oznacza że wspólne dla nich obu zakłócenia nie utrudniają zbyt ich przejścia do kolejnego stanu równowagi; system może być daleki od równowagi (fer from equilibrium), gdy czynniki zakłócające równowagę powodują że system jest bliski drugiemu ekstremum tj nierównowagi. Z punktu widzenia dynamiki systemu Stacey (2001) wyodrębnił trzy typy zmian:

- zamknięte, które następują w warunkach cechujących się pewnością tego, że nastąpią, są przewidywalne a powiązania pomiędzy przyczynami i skutkami są liniowe,
- ograniczone, które dotyczą sytuacji, w których kierunek i merytoryczną treść tych zmian można określić z pewnym prawdopodobieństwem, co powoduje, że można przewidywać prawdopodobne zachowania systemu. System wytwarza pewien zbiór działań, które mają doprowadzić do stanu równowagi.
- nieokreślone, które mają miejsce w sytuacjach, gdy można tylko przypuszczać co zdarzy się w przyszłości, jaki będzie charakter powiązań między przyczynami i skutkami. W tych warunkach nie można precyzyjnie prognozować zmian systemu oraz kontrolować go. Brak równowagi jest dwojakiego rodzaju: ma charakter zmian cyklicznych i / lub narastających, opisywanych za pomocą trendów lub wynika z nieregularności zachowań spowodowanych innymi zmianami, które zakłócają te cykle.

Dynamika systemów zarządzania używa specyficznej metody opisu systemu bazując na dwóch kategoriach: strumień, poziom. Poziomy reprezentują zmienne stanu będące obserwowalnymi wielkościami systemu, a strumienie działania (akcje) systemu powodujące zmiany wartości poziomów. Wymienione kategorie opisu są nieodzowne do utworzenia mikrostruktury pętli sprzężeń i w ten sposób całego systemu. W praktyce użyteczne jest wprowadzenie pewnej dodatkowej kategorii opisu zwanej zmienną pomocniczą. Zmienne te reprezentują pośrednie etapy procesu określania wartości natężeń strumieni wg przyjętych reguł (polityk decyzyjnych) transformujących informacje o stanie systemu i jego otoczenia.

Reguły decyzyjne opisują sposoby podejmowania decyzji sterujących przepływami w systemie, tj. pokazują, jakie informacje o stanie systemu i jego otoczenia generują decyzje powodujące działania w systemie. W klasycznej DSZ przyjmuje się założenie, że decyzje w systemie są podejmowane okresowo, tj. każdorazowo po upływie określonego przedziału czasu. Procesy podejmowania decyzji, a tym samym ich efekty (zmiany wartości natężeń strumieni) mają więc charakter ciągły. Postać reguł decyzyjnych jest uwarunkowana m.in. czynnikami: społeczno-gospodarczymi, technicznymi, organizacyjnymi.

Na rysunku nr 1 przedstawiony jest model prostego systemu. Elementy modelu dobrane są tak, aby pozwoliły odwzorować: stany elementów systemu, czynniki wpływające na zmianę stanu oraz stanowiska decyzyjne regulujące zmiany intensywności tych czynników w czasie. Model – jego elementy, wygenerowane zostały przy pomocy symulatora Powersim Studio Express 2000 i są zgodne z symboliką zaproponowaną przez Forrestera w 1961 r. Nie jest to kompletny model, jest to tylko obraz jego struktury. Model zupełny posiada dodatkowo układ równań opisujących zależności pomiędzy poszczególnymi elementami struktury.



Rys. 1. Elementy i struktura DSZ

Poziom określa stan wyróżnionego elementu systemu (np. poziom zawartości magazynu). Wielkość chwilowa poziomu równa się zakumulowanej różnicy strumieni dopływu i odpływu środków. Równanie poziomu można zapisać następująco :

$$P(t + dt) = P(t) + dt \cdot (S_{we} - S_{wy}) \quad (1)$$

gdzie:

S_{we} , S_{wy} – strumienie: wejściowy i wyjściowy.

P – poziom (stan systemu).

t , dt – czas, przyrost czasu.

Strumień S_{we} określa szybkość z jaką materiały uzupełniają zawartość poziomu P . Strumień S_{wy} określa szybkość, z jaką materiały uszczuplają zawartość poziomu. Strumienie informacyjne dostarczają do stanowisk decyzyjnych informacje o wielkościach poziomów. Wielkość chwilową strumieni regulują tzw. stanowiska decyzyjne (reguły decyzyjne). Stanowisko decyzyjne reguluje wielkość strumienia w zależności od informacji o chwilowych stanach zawartości poziomów systemu. Reguły decyzyjne pokazują, jak informacje o stanie systemu i jego otoczenia generują decyzje powodujące działania w systemie. Ich odwzorowanie w modelu stwarza jedną z głównych trudności dla metod DSZ. W modelu regulator spełnia rolę elementu, który uzależnia wielkość strumienia od informacji o chwilowych stanach systemu. Każdy element spełniający taką funkcję, opisywany jest jako element transformujący wejście w wyjście.

Obszar niezależny na rysunku oznaczony jest jako chmurka. Traktowany jest jak otoczenie systemu. Zamiast współzależności istnieje tylko jednokierunkowa zależność zachowania się części systemu od zachowania się elementów otoczenia. Parametr (czas przejścia) jest to pewna wielkość stała, od której zależą stosunki wielkości między zmiennymi systemu. Od wielkości tych stosunków zależy z kolei zachowanie się całości systemu. W konwencji opisów DSZ, najczęściej w ten sposób oznacza się pożądany wynik akcji (cel) lub wielkości początkowe systemu.

4. WNIOSKI

Zaproponowana w artykule metodologia badań sieci dystrybucji jako złożonych systemów zarządzania obejmuje włączenie modeli harmonogramowania z opcją podwykonawstwa badanych w kontekście adaptowania się integratora do zmian w otoczeniu. Zgodnie z przedstawionymi rozważaniami uzasadnione wydaje się przeprowadzenie eksperymentów przy wykorzystaniu modelu symulacyjnego Dynamiki Systemów Zarządzania. Eksperymenty nakierowane będą na badanie progów adaptowania się do zmian rynkowych dzięki tworzonym więzom międzyorganizacyjnym w zależności od zmian stanów otoczenia. Przedstawiona w artykule koncepcja jest zgodna z nurtem dotychczasowych badań w obszarze: sieci, podwykonawstwa przedsiębiorstw w sieci, oraz dynamiki systemów zarządzania dla badań symulacyjnych w złożonych systemach adaptacyjnych, jednocześnie łącząc te obszary badawcze. Analiza dynamiki systemów odwzorowanych za pomocą modeli DSZ ma na celu zbadanie własności pętli sprzężeń zwrotnych. Zamiarem takich badań będzie również wyjaśnienie mechanizmów zachowań sieci dystrybucji i rozważenie możliwości zmian w jej strukturze (typach więzi) w celu poprawy jej dynamicznego (adaptacyjnego) zachowania się.

LITERATURA:

- [1] Bendkowski J., Kramarz M., Kramarz W.: *Metody i techniki ilościowe w logistyce stosowanej, Wybrane zagadnienia*. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej Gliwice 2010.
- [2] Brdulak H.: *Wirtualny Leksykon Transportu i Logistyki*, Logistyka edu.pl 2007.
- [3] Brzeziński M., (red): *Organizacja i sterowanie produkcją*, Agencja Wydawnicza PLACED, Warszawa 2002.
- [4] Chen Z., Li Ch.: *Scheduling with subcontracting options*, IIE Transactions vol 40/2008.
- [5] Choi T., Dodey K., i Rungtusanatham M.: *Supply networks and complex adaptive systems: Control versus emergence*. Journal of Operations Management. Vol 19/2001.
- [6] Ciesielski M.: *Logistyka – problemy rozwoju dyscypliny praktycznej* w: Osiągnięcia I perspektywy nauk o zarządzaniu, pod red S Lachiewicz, B.Nogalski, Oficyna a Wolters Kluwer Business, Warszawa 2010.
- [7] Ciesielski M.: *Instrumenty zarządzania łańcuchami dostaw*, PWE W-wa 2009
- [8] Dooley K., Corman S., McPhee R., i Kuhn T.: *Modeling high-resolution broadband discourse in complex adaptive systems*. Nonlinear Dynamics, Psychology & Life Sciences vol 7 (1)/2003.
- [9] Grudzewski W.M., Hajduk J.K.: *Przedsiębiorstwo wirtualne*, Difin, Warszawa 2002.
- [10] Hagel III J., Brown J. S.: *Organizacja jutra. Zarządzanie talentem, współpracą i specjalizacją*. One Press VIP Harvard Business School Press 2005, Helios Gliwice 2007.
- [11] Hadaś Ł., Cyplik P.: *Symulacja przepływu "Push" vs. "Pull" i jej wykorzystanie w nauczaniu logistyki*, Logistyka 4/2007.
- [12] Kramarz M.: *Cykl realizacji zamówienia w łańcuchu dostaw branży motoryzacyjnej – analiza opóźnień*, [w:] Współczesne wyzwania transportu w logistyce. Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej. Warszawa 2008.
- [13] Krawczyk S.: *Zarządzanie procesami logistycznymi*, PWE, Warszawa, 2001.
- [14] Krawczyk S.: *Controlling w sieciach logistycznych*, w Invence – Inovace – Investice od recese k prosperite, Ostrava 2009.
- [15] Krupski R. (red.): *Zarządzanie przedsiębiorstwem w turbulentnym otoczeniu*, PWE, Warszawa 2005.
- [16] Malara Z.: *Przedsiębiorstwo w globalnej gospodarce*, Wydawnictwo Naukowe PWN Warszawa 2007.
- [17] Müller U.R.: *Zmiana warty w zarządzaniu. Dramat i szansa*. Agencja Wydawnicza PLACET, Warszawa 2000.

- [18] Pathak S., Day J., Nair A., Sawaya W., Kristal M.: *Complexity and Adaptivity in Supply Networks: Building Supply Network Theory Using a Complex Adaptive Systems Perspective*, Journal compilation 2007, Decision Sciences Institute vol 38 (4)/2007.
- [19] Rokita J.: *Dynamika zarządzania organizacjami*, Prace Naukowe Akademii Ekonomicznej im Karola Adamieckiego w Katowicach, Katowice 2009.
- [20] Stewart J.: *Liczby natury*. Wydawnictwo CIS, Warszawa 1996.
- [21] Surana A., Kumara S., Greaves M., Raghavan U.: *Supply chain network: A complex adaptive systems perspective*. International Journal of Production Research, Vol 43/ 2005.
- [22] Vainio J.: *Sieciowanie centrów logistycznych w rejonie Morza Bałtyckiego*, Materiały konferencyjne Polskiego Kongresu Logistycznego „Logistics”, Poznań 2004.
- [23] Witkowski J.: *Zarządzanie łańcuchem dostaw. Koncepcje, procedury, doświadczenia*, PWE Warszawa 2010.

SIMULATION MODELING OF SUPPLY NETWORK AS COMPLEX ADAPTIVE SYSTEMS

Abstract

In this article we are discussing modeling the supply network as the complex adaptive system. The conception of examinations includes essential aspects connected with problems of adapting themselves to changes of environment. Integrators fulfil a particularly crucial role in co-ordination of logistic processes in supply networks or more widely in supply networks. Joining diversified specialized resources is perceived as a chance of offering new unique services and also, due to postponed production, forms of the product in distribution.

Keywords: complex adaptive system, supply network, dynamics management systems,