

Sławomir Wyciślak

O niektórych aspektach sterowania w warunkach złożoności

Artykuł inicjuje opis ewolucji złożoności, jej istoty i typów. Uwzględniono charakterystykę m.in. złożoności epistemologicznej, dynamicznej, obliczeniowej. W dalszym ciągu rozważań ujęto opis ewolucji podejścia systemowego, uwzględniając kontekst opanowywania złożoności. Następnie rozważania skierowano na problematykę sterowania. Samosterowanie i modularność uznano za przesłanki opanowania złożoności w systemie globalnym. Najistotniejsze okazało się tu zaistnienie absorberów. Do absorberów zaliczono wartości zidentyfikowane w ramach systemu. Podmiotowość agentów wyznacza ramy dla konstytuowania się absorberów. Odwołując się do kategorii podmiotowości agenta i kierując się jego refleksyjnością oraz inercją, wskazano różne warianty konstytuowania się modułów działania jako efektów samosterowania.

Słowa kluczowe: złożoność, sterowanie, system, podejście systemowe, modularność.

1. Wprowadzenie. O złożoności

Historię liczącego 14 mld lat wszechświata można interpretować jako historię narastającej złożoności. Materia przejawia tendencję do samoorganizowania się i tworzenie złożonych układów (zob. Blanc 2009), s. 17–32; Coveney, Highfield 1997, s. 31). W rezultacie ewolucja powoduje konstytuowanie się wyższego stopnia złożoności. Dzieje się tak w ramach nieliniowej przyczynowości i dyssypatywnej samoorganizacji¹. Ewolując, żywy system musi rozwinąć mechanizmy prowadzące do wzrostu nieliniowości. Ewolucja jest wzrostem złożoności i struktury funkcji związanym z procesem równoważenia (zob. Mainzer 2007, s. 129)². Oznacza to, że

Sławomir Wyciślak – Uniwersytet Jagielloński, Instytut Ekonomii, Finansów i Zarządzania, Zakład Znormalizowanych Systemów Zarządzania.

¹ Struktury dyssypatywne są to dalekie od stanu równowagi stabilne stany stacjonarne, których powstaniu towarzyszy wzrost uporządkowania. Do utrzymania tych struktur (stanów) niezbędna jest ciągła nieodwracalna wymiana energii z otoczeniem, która prowadzi do dyssypacji.

² Główną ideę cykliczności żywych systemów wyrazili już Herbert Spencer i Ludwig Boltzmann, gdy przyjęli, że system prebiologiczny może ewoluować w drodze kolejnych przejść prowadzących do hierarchicznych, coraz bardziej złożonych stanów. Jednakże inaczej niż sądził Boltzmann, przejścia te są możliwe tylko w systemach nieliniowych.

ewolucja powoduje wzrost złożoności zjawisk zachodzących w naturze. Dzieje się tak wskutek konieczności zachowania równowagi. Ma ona zapewnić kształtowanie takich struktur, które doprowadzą do realizacji pożądanych funkcji.

Złożoność wynikająca ze zjawisk zachodzących w naturze zostaje spotęgowana przez złożoność związaną z rywalizacją o zasoby. Tak więc, złożoność świata ożywionego jest multiplikowana przez tę odnoszącą się do dokonań człowieka. Zatem człowiek, którego również można postrzegać jako przejaw złożoności, prowadzi do wzrostu jej stopnia w wyniku dążenia do kontroli. Rozwój cywilizacji można bowiem widzieć w kategoriach zmierzania do większej kontroli nad naturą, społeczeństwem oraz jednostką. Ale wzrost kontroli osiągany poprzez wprowadzanie innowacji (np. użycie paliw, maszyn, książek, komputerów, ale również przez innowacje finansowe) wywołuje dalsze zwiększanie stopnia złożoności. Wprowadzanie instrumentów pochodnych – jedną z przyczyn kryzysu, którego początek wiąże się z upadkiem Lehman Brothers – można postrzegać jako dążenie do wzrostu kontroli (rynków finansowych) nad pozostałymi sferami gospodarki. Równocześnie przyczyniły się one do potęgowania złożoności. Innowacje skutkują podziałem pracy, przyspieszają obieg informacji. Co więcej, w miarę

ich pojawiania się wiedza staje się coraz bardziej rozproszona. To zaś prowadzi, z jednej strony, do zwiększenia różnicy w dostępie do niej, a z drugiej – do większej współzależności między ludźmi (Kozłowski 2012, s. 60–61). Równocześnie konstituowały się wzory zachowania, które ustanowiły kulturę i rozprzestrzeniały się w ramach społeczeństwa³. Towarzyszyły temu zjawiska kompresji przestrzeni i czasu za pośrednictwem mowy, pisma, druku i elektronicznych nośników informacji. Ogólnie rzecz biorąc, to strukturyzacja dyssypatywna prowadzi do rosnącej różnorodności. W konsekwencji konstituowany jest wyższy stopień złożoności. Powstanie globalnej sieci informacyjnej można uznać za jeden z najważniejszych przejawów strukturyzacji dyssypatywnej (François 1995, s. 178).

Powstała złożoność powoduje, że potencjalnie coraz więcej zakłóceń może wywoływać rozprzestrzenianie się zjawisk na dużą skalę. Ponadto, to rozprzestrzenianie zachodzić może coraz szybciej⁴. Wynika to bezpośrednio i ze wzrostu szybkości obiegu informacji, i ich liczby. Według badań z 2007 r., zdolność do realizacji instrukcji sięgnęła $6,4 \times 10^{18}$ na sekundę (Hilbert, López 2011, s. 60). Tymczasem, liczba urządzeń pozostających w sieci urosła z 2 mld w 2005 r. do 6 mld w 2010 (Gantz 2009). Szacuje się, że współcześnie każdej dobie do mieszkańca zachodniego świata dociera około 100,5 tys. słów. W ujęciu globalnym zdolność do przechowywania skompresowanych danych to $2,9 \times 10^{20}$, a do komunikowania się – $2,9 \times 10^{21}$ informacji. W lipcu 2012 r. istniało 665 916 461 stron internetowych. A to oznacza skok o ok. 1000% w ciągu ostatniej dekady⁵. Wzrost szybkości obiegu

³ Rozstrzygające znaczenie w tym względzie ma intencjonalność artykułowana w ramach komunikowania się.

⁴ Dzieje się tak np. wskutek automatycznych transakcji instrumentami finansowymi, które są realizowane w ciągu milisekund. Również wahania w popycie szybko rozprzestrzeniają się globalnie w wyniku geograficznego rozproszenia producentów i minimalizacji zapasów. Na przykład, w efekcie trzęsienia ziemi w Japonii 11 marca 2011 r. doszło do przerw w pracy fabryk w Hiszpanii i Niemczech, należących do General Motors. Zob. <http://www.ft.com/intl/cms/s/0/2147ef44-6cb0-11e0-83fe-00144feab49a.html#axzz22TefbyQ> [data dostępu: 5.10.2012].

⁵ „July 2012 Web Server Survey”, <http://news.netcraft.com/archives/2012/07/03/july-2012-web-server-survey.html> [data dostępu: 06.09.12].

i ilości informacji i równocześnie zdolności jej technologicznego przetwarzania rosną w tempie wykładniczym⁶ (Hilbert M., López 2011, s. 64).

Analizę złożoności wiązać należy ze sposobem jej percepcji. W końcu to, co postrzegamy, jest wynikiem właśnie naszej percepcji⁷. Takie stanowisko uzasadnia – jak się wydaje – prowadzenie analizy złożoności epistemologicznej. W jej ramach wyróżnia się złożoność podstawową. Wychodzi ona z pojmowania informacji jako „różnicy, która powoduje powstanie różnicy”. Obserwator ma ograniczone możliwości gromadzenia informacji o sobie i otoczeniu. Zawsze występuje czynnik subiektywny – zależny od historii i możliwości obserwatora. Ten czynnik wpływa również na złożoność semiotyczną. Bierze się ona z tego, że obserwator może każdej informacji przyporządkować nieskończoną liczbę znaczeń. Nadawanie znaczenia ma charakter subiektywny, gdyż zależy od historii poznania obserwatora i jego struktury poznawczej⁸. Złożoność semiotyczna jest pochodną złożoności semantycznej. Komunikowanie międzyludzkie jest bowiem zależne od kultury i języka, które są wieloznaczne i subiektywne. Dotyczy ona nadawania znaczenia wyrażeniom językowym (Mesjasz 2010, s. 709; 2004, s. 54–55).

Ze złożonością epistemologiczną pozostaje w związku złożoność samoreferencyjna, a w szczególności – będącą jej podtypem – relacyjna. Bierze się ona stąd, że obserwator zawsze oddziałuje z obserwowanym systemem. Tak więc, interakcje między obserwatorem i systemem oraz między

⁶ Tymczasem, ilość wiedzy naukowej mierzona liczbą publikacji naukowych podwaja się średnio co 15 lat od 1900 r. Zob. „The speed of information”, http://www.kk.org/thetechnium/archives/2006/02/the_speed_of_info.php [data dostępu: 30.09.2012].

⁷ Wśród polskich badaczy wieloaspektowej analizy zjawiska złożoności w odniesieniu do systemów społecznych podjął się Czesław Mesjasz. Prezentuje on pogląd, że nie ma powszechnie akceptowanej definicji złożoności. A wypracowanie takiej definicji nie wydaje się ani potrzebne, ani osiągalne (zob. Mesjasz 2010, s. 707). Per Bak (1996) stwierdza, że było wiele prób zdefiniowania złożoności. Ale skończyły się one bez sukcesu. Myślowo przyrównuje złożoność do zmienności.

⁸ Złożoność semiotyczna powoduje, że systemy społeczne i ich zachowania są trudne do zrozumienia. Trudno jest np. odróżnić „rzeczywiste” zagrożenia ze strony konkurencji od „rzeczywistych” sukcesów organizacji.

poszczególnymi obserwatorami nigdy nie są obojętne i pozostają podatne na zniekształcenia.

W ramach złożoności samoreferencyjnej wyróżnia się również złożoność logiczną. Wynika ona z dwóch przesłanek. Po pierwsze, jeśli system jest zwarty aksjomatycznie, niemożliwe będzie wykazanie prawdziwości wszystkich twierdzeń, które mogłyby być zbudowane w jego ramach⁹. Niektóre z nich mogą pozostać nierozstrzygalne, np. zachodzi nieoczywista prawda lub nieoczywisty fałsz. Po drugie, występuje subiektywność obserwacji wynikająca z uwikłania w proces myślowy. Dlatego nierozstrzygalność dotyczy zarówno obserwatora, jak i procesu obserwacji (Mesjasz 2010, s. 708).

Kolejny typ złożoności dotyczy nieliniowej dynamiki. Oznacza ona nadwrażliwość na warunki początkowe lub ewolucję charakteryzującą się wieloma bifurkacjami. W konsekwencji, dynamika ta powoduje, że przebieg zjawisk staje się nieprzewidywalny. Jest tak dlatego, że jest w stanie konstituować się wiele trajektorii i wyłonić się wiele atraktorów (ibidem). Dynamika zjawisk może również charakteryzować się tym, że niewielkie zakłócenia prowadzą nieraz do zmian podobnych do lawin (ang. *avalanches*) o najróżniejszych rozmiarach (Bak 1996, s. 2)¹⁰. Co więcej, po takiej zmianie następuje powrót do stanu, z którego implikowany jest kolejny ciąg zdarzeń. Należy podkreślić, że takie zmiany są nieuniknione (ibidem, s. 191).

Omawiane zjawiska można zakwalifikować jako złożoność dynamiczną. W innej interpretacji obejmuje ona sytuacje, w ramach których przyczyny i skutki są subtelne, a efekty działań w czasie – nieoczywiste. Odnosi się ona również do takich okoliczności, kiedy to samo działanie powoduje zasadniczo odmienne efekty w krótkim i długim okresie, kiedy ta sama akcja pociąga za sobą pewne konsekwencje lokalne i zupełnie inne konsekwencje w odległej części systemu, gdy oczywiste działania przynoszą nieoczywiste konsekwencje (Senge 2000, s. 80).

Natomiast złożoność obliczeniową można uznać za pochodną wzmiankowanych ty-

pów złożoności. Zachodzi ona wtedy, gdy niemożliwe staje się zrealizowanie obliczenia. Ograniczeniami w tym względzie są zarówno czas, jak i moc obliczeniowa (Mesjasz 2010, s. 710). Granice obliczalności wynikają z nierozstrzygalności oraz niedeterminizmu (Homenda 2009, s. 101–139). W odniesieniu do zjawisk społecznych może ona być związana ze zmiennością nadawania znaczeń, zmiennością zachowań i sprzężeń zwrotnych zachodzących między tymi kategoriami.

Bywa, że wskazane typy złożoności się przenikają, co prowadzi do multiplikowania złożoności. Na przykład, złożoność związana z nadawaniem znaczenia potęguje tę wynikającą z istoty obserwowanych zjawisk.

2. Podejście systemowe – ku opanowaniu złożoności

Myślenie systemowe oferuje taką redukcję złożoności, która respektuje dynamikę zachodzących zjawisk (zob. Laszlo, Krippner 1998, s. 56). Posługując się myśleniem systemowym, uwzględnia się czynniki o różnym charakterze problemowym, włączając w to czynniki biologiczne (np. zmiany w wydzielaniu hormonów, przebyte choroby), psychologiczne (np. rodzaj osobowości), socjologiczne (np. skłonność do nawiązywania relacji), a przede wszystkim sprzężenia zwrotne zachodzące między nimi. Natomiast posiłkując się myśleniem niesystemowym, uwzględnia się pojedyncze, odizolowane czynniki, np. jako przesłankę podejmowania decyzji przyjmuje się maksymalizację wartości dla akcjonariuszy nie biorąc pod uwagę tego, jak realizacja wzmiankowanego celu wpływa na otoczenie. Te dwa podejścia prowadzą do innych konsekwencji na gruncie poznawczym. Przede wszystkim, posługując się myśleniem niesystemowym, gubi się efekty relacji zachodzących między różnorodnymi czynnikami wpływającymi na podjęcie decyzji – i to w różnych odstępach czasowych. Wzmiankowany popełniany błąd stanowi pierwszą pułapkę myślenia niesystemowego. Natomiast druga pułapka to dogmatyzm polegający na podążaniu jedną niepodważalną drogą myślenia.

⁹ Dzieje się tak zgodnie z twierdzeniem Kurta Gödla o niekompletności systemów aksjomatycznych, które przez analogię można rozciągnąć na dowolne systemu symboliczne.

¹⁰ Jest to zjawisko samoorganizującej się krytyczności.

W klasycznych ujęciach wyróżnia się twarde, miękkie i krytyczne myślenie systemowe. Tradycja ontologiczna zakłada, że systemy reprezentują rzeczywiste zjawiska. Odpowiada ona tzw. twardemu myśleniu systemowemu (*ang. hard system thinking*). Natomiast w ramach miękkiego myślenia systemowego systemy są raczej konstruktami poznawczymi, a nie bytami rzeczywistego świata (Reynolds, Holwell 2010, s. 7). Sygnalizowane pojmowanie myślenia systemowego odpowiada tradycji epistemologicznej. A krytyczne myślenie systemowe podziela tę samą tradycję intelektualną, co myślenie miękkie. Jednakże wyróżnia ono nieścisłości między myśleniem miękkim a twardym, głównie w kwestii relacji wymuszeń (*ang. power relations*), i to, jak one wpływają na sposób wyłaniania się i rozwiązywania problemów (*ibidem*, s. 6–10).

Inspirująca wydaje się definicja myślenia systemowego zaproponowana przez Petera Sengego. Według niego, to dyscyplina postrzegania całości. Myśląc systemowo, widzi się wzajemne relacje, a nie statyczne byty, co więcej, postrzega się wzory (modele) zachodzących zmian, nie zaś wyrwykowe statyczne obrazy. Myślenie takie to również dyscyplina dostrzegania struktur, które konstytuują złożoność, a także rozróżniania między dużymi i małymi dźwigniami (*ang. leverage*) zmiany zob. Senge 2000, s. 20 i 188).

Redukcja złożoności obejmuje zarówno liczbę badanych elementów, jak i ich cechy. Przy czym, w przypadku zjawisk społecznych, zasadnicze jest to, w jaki sposób dokonuje się redukcji cech człowieka, i w konsekwencji jego działań (Gomółka 2000, s. 34). Wzmiankowana redukcja powinna respektować przede wszystkim potencjalne sprzężenia zwrotne.

Należy podkreślić, że w ramach myślenia systemowego zachodzą operacje syntezy i analizy. Przenikają się one nawzajem, powodując w efekcie myślenie o nowych atrybutach. Do istotnych wyróżników ww. myślenia zalicza się procesowe ukierunkowanie i orientację na rozwiązywanie problemów (a nie na poszczególne dyscypliny badawcze).

Tymczasem, problemy towarzyszące narastającej złożoności doprowadziły do ugruntowania się myślenia sieciowego. Jest to myślenie holistyczne (zob. Probst, Gomez 1990, s. 140). Choć ukierunkowane na potrzeby biznesu i umiejscowione

jako metodyka, powinno być postrzegane jako kontynuacja istoty myślenia systemowego. Myślenie sieciowe oznacza uruchomienie różnych procesów, które aktywizują części. W konsekwencji, pojawia się ciąg oddziaływań¹¹. Myślenie oparte na sieci zakłada współzależność, elastyczność, otwartość, zaufanie, uczenie się, partnerstwo. Zatem holistyczne postrzeganie rzeczywistości stanowi wspólny atrybut myślenia systemowego i sieciowego. To pierwsze doprowadziło do powstania nurtu badań w nauce, który nazywa się podejściem systemowym, paradygmatem systemowym czy też ruchem systemowym.

Choć przejawy podejścia systemowego można odnaleźć w pracach różnych myślicieli, naukowców, praktyków, np. Kanta, Leibniza, Hegla, Heisenberga, de Saussure, to jego materializacja nastąpiła dzięki dokonaniom Ludwiga von Bertalanffy'ego i Norberta Wienera.

Dzieło Bertalanffy'ego pt. *Ogólna teoria systemów* (1984)¹² zapoczątkowało ruch, w ramach którego próbowano zidentyfikować struktury i mechanizmy istniejące w różnych typach systemów. Przedmiotem badań uczyniono takie zagadnienia, jak: hierarchia, celowościowość, różnorodność, morfogeneza, stabilność, ultrastabilność, emergencja i ewolucja, entropia, wejściowyjścia, ekwifinalność (Skyttner 1996, s. 20–21; Schwaninger 2006, s. 584). zasadniczo, za cechy konstytutywne podejścia systemowego uznaje się: holizm, kompleksowość, esencjalizm, strukturalizm, kontekstowość i teleologizm¹³.

Niemal równocześnie rozwinęła się cybernetyka. Według definicji Wienera jest ona „nauką o sterowaniu i komunikacji w zwierzętach i maszynach”. Oznacza to, że to nauka o sterowaniu w ogólności (Ashby 1963). Cybernetyka wskazuje na podobieństwo procesów sterowania w systemach naturalnych i sztucznych, jednakowo więc traktuje człowieka i maszynę. Za zasadnicze jej przesłanie można uznać odkrycie roli,

¹¹ Omówienia podstaw myślenia sieciowego Gilberta Probst, Petera Gomez i Hansa Ulricha dokonują Kazimierz Zimniewicz i Anna Piekarczyk (2010, s. 46–47).

¹² Po raz pierwszy w sposób zarys ogólnej koncepcji systemowej Bertalanffy przedstawił w 1937 r. na seminarium filozoficznym w Uniwersytecie w Chicago.

¹³ Ujęcie systemowe jako styl – zob. Gasparski, Miller 1985, s. 140–144.

jaką odgrywa kombinacja sprzężeń zwrotnych przy konstytuowaniu zachowania się systemu.

Badania podejmowane w ramach cybernetyki skupiają się na zagadnieniach sterowania, regulacji, kontroli przy wykorzystaniu sprzężeń zwrotnych. W konsekwencji przedmiotem badań cybernetycy uczynili takie kwestie, jak: informacja, komunikacja, złożoność, autonomia, współzależność, kooperacja, konflikt, samoorganizacja, samokontrola, samotransformacja (Schwaninger 2006, s. 584).

Z czasem zainteresowania badaczy w coraz większym stopniu skupiały się na dynamicznych aspektach funkcjonowania systemów. Pierwsze artykuły dotyczące tej koncepcji pojawiły się w 1958 r. Ich autorem był Jay W. Forrester. W swoich pracach *World Dynamics* i *Urban Dynamics* przedstawia on własne pojmowanie dynamiki systemowej oparte na idei sprzężenia zwrotnego (Forrester 1991). Dynamikę systemów można określić jako dyscyplinę poświęconą modelowaniu, symulacji i kontroli. Cechy wyróżniające te systemy to badanie wewnętrznej ich dynamiki wynikającej z pojawiających się sprzężeń zwrotnych, a także sposób prezentacji graficznej poprzez charakterystyczne oznaczenia uwzględniające zapasy i przepływy (ang. *stocks and flows*).

W ramach ewolucji teorii systemów dynamicznych pojawiły się teorie dynamiki nieliniowej (np. teoria katastrof, teoria chaosu). Mają one również swoje źródła w nowym pojmowaniu zagadnienia równowagi, które wyłoniło się pod koniec lat sześćdziesiątych ubiegłego stulecia. Teoria chaosu przyczyniła się do nowego interpretowania przypadkowości, m.in. zdefiniowano w jej ramach pojęcie chaosu deterministycznego; wprowadzono takie terminy, jak: fraktale, atraktor, bifurkacje, nadwrażliwość na warunki początkowe. To ostatnie zagadnienie jest również przedmiotem dociekań w ramach teorii katastrof (Dolan, Garcia, Auerbach 2003, s. 25; Ortegon-Monroy 2003, s. 393).

Cały ruch systemowy może być postrzegany jako podejmowanie kolejnych prób w celu wyjaśniania fenomenu złożoności. Stosownie do tego wyróżnia się pierwszą falę teorii systemowych (niedługo po II wojnie światowej), związaną z osiągnięciami dotyczącymi zastosowania urządzeń wykorzystujących sprzężenie zwrotne, a także z rozwojem komputerów, drugą falę, od-

noszącą się do osiągnięć cybernetyki i dynamiki systemów, i trzecią – bazującą na nowym pojmowaniu równowagi w ramach teorii dyskontynuacyjnych (Anderson 1999, s. 219).

Ogólna teoria systemów, cybernetyka, teoria chaosu i teoria katastrof są ukierunkowane na wyjaśnianie zachowania systemów deterministycznych. Natomiast inny jest model wyjaśniania w ramach adaptacyjnych systemów złożonych. Cechą tego kierunku badawczego jest to, że wyłaniający się porządek stanowi efekt interakcji zachodzących na niższych poziomach zagregowania (ibidem). Adaptacyjne systemy złożone mają zdolność do oddziaływania na otoczenie i zmiany swojej struktury bez udziału czynnika zewnętrznego¹⁴.

Do teorii złożoności zalicza się teorie: chaosu, struktur dyssypatywnych oraz złożonych systemów adaptacyjnych. Podczas gdy dwie pierwsze¹⁵ są skupione na budowie modeli na poziomie ogólnym, to teoria adaptacyjnych systemów złożonych zakłada podejście wieloagentowe (Burnes 2004, s. 314). W ramach systemów wieloagentowych rozwijającą się dynamicznie dziedziną wiedzy jest badanie inteligencji roju.

W analizach zjawisk społecznych pojawiła się również koncepcja autopojczy. W jej ramach opisywane jest zagadnienie samoreprodukcji żywych systemów. Autopojczy oznacza jednak nie tylko autonomię systemu wobec środowiska, lecz również jego autoreferencyjność (odnoszenie się do siebie samego) i samoodtworzenie (odtworzenie się z własnych elementów). Jest ona również istotna dla przyjmowanej perspektywy poznawczej. Wskazuje się bowiem na fakt, że obserwacji nie można wyabstrahować od sytuacji obserwatora. Teorie autopojczy rozwinął Niklas Luhmann, twórca kierunku zwanego teorią systemów autopojczy (samoodnoszących się, samoobserwujących i samoreprodukujących).

Według założeń myślenia systemowego, pojęcie systemu można zdefiniować jako celowo określony zbiór elementów i sprzężeń między nimi, które określają właściwości całości. Cel za-

¹⁴ Przykładem adaptacyjnego systemu złożonego jest gospodarka wolnorynkowa.

¹⁵ Struktury dyssypatywne wyróżnia pozostawanie w stanie dalekim od termodynamicznej równowagi. Dzieje się tak z powodu nieustannie napływającej energii.

wsze, w sposób mniej lub bardziej uświadamiany, towarzyszy funkcjonowaniu systemu. A sprzężenia między elementami prowadzą do wyłaniania się nowych właściwości systemu, co określić można pojęciem emergencji.

Każdy system, w ramach którego dokonuje się selekcji działań człowieka, spełnia atrybut złożoności. Jeżeli bowiem uwzględnimy czynniki biologiczne, psychologiczne, a także socjologiczne, pozornie ograniczony zbiór schematów działania znacznie się powiększa. Tak więc, za system złożony uznaje się taki, w przypadku którego można określić wiele potencjalnych wzorców zachowań, i dający się opisać tylko w przybliżeniu. Naturalnie, w ramach teorii systemów podejmowano liczne próby klasyfikacyjne. Przykładowo, wyróżniono systemy zorganizowanej złożoności, niezorganizowanej złożoności i zorganizowanej prostoty.

Przy analizowaniu złożoności wskazano systemy o nadwrażliwości na warunki początkowe. Jednak stwierdzenie, że w ramach systemów złożonych zachodzi tylko taki wzorzec zachowań, jest uproszczeniem. Przejawiają one również zachowania antychaotyczne, co można określić mianem samoorganizacji. Uwzględnienie jedynie sił chaosu albo samoorganizacji prowadzi do tego, że model zachowania systemu jest zbyt uproszczony. W rzeczywistości operują one między tymi dwoma ekstremami (Richardson 2005, s. 110).

Z czasem zidentyfikowano systemy, które wyróżnia zdolność do oddziaływania na otoczenie i zmiany swej struktury bez udziału czynnika zewnętrznego¹⁶. Określono je mianem adaptacyjnych systemów złożonych. W ramach teorii złożoności system jest interpretowany jako sieć współdziałających części (*interacting parts*) (Skyttner 2005, s. 45).

Przedmiotem badań są regularności i wzorce zachowań w ramach różnych systemów. W sposób pogłębiony rozważa się warunki prowadzące do emergencji i samoorganizacji. Teoria złożoności bada zjawiska zachodzące między całkowitym porządkiem a całkowitym chaosem (ibidem).

3. Sterowanie w systemach złożonych

Sterowanie jest możliwe poprzez mechanizm sprzężenia zwrotnego. Polega on na tym, że system otrzymuje informacje o własnym działaniu. Innymi słowy, sprzężenie to doprowadza informacje o stanie wyjścia do wejścia systemu.

Przy ujemnym sprzężeniu zwrotnym system jest inwariantny (niezmieniający się przy danym przekształceniu) względem szerokiego zakresu zakłóceń (możliwa ekwifinalność). Przy sprzężeniu dodatnim można otrzymać różne stany końcowe przy tych samych warunkach początkowych (multifinalność) (Skyttner 2005, s. 92). Sprzężenie zwrotne „do przodu” oznacza natomiast sterowanie antycypacyjne, kiedy to na podstawie informacji o przewidywanych zmianach podejmuje się działania ułatwiające adaptację (Gomółka 2000, s. 19).

Stwierdza się, że sprzężenie zwrotne jest wiódącym działaniem pozwalającym na kompensowanie zakłóceń. Dzieje się to poprzez utrzymanie określonych zmiennych na stałym poziomie i regulację typu i liczby poszczególnych komponentów (Skyttner 2005, s. 88).

Sterowanie ma przyczyniać się do adaptacji systemu do zmieniających się warunków. Adaptacja polega np. na tym, że system analizuje zakłócenia dochodzące do niego z otoczenia, ustala wpływ ich właściwości na wielkości odchylenia od dotychczasowego zachowania się i próbuje te odchylenia likwidować przez sterowanie ujemnymi sprzężeniami zwrotnymi. Inaczej mówiąc, poszukuje utraconej równowagi na drodze działań związanych ze stabilizowaniem swojego zachowania się (Gomółka 2000, s. 2000).

Sterowanie jest pochodną możliwości obserwacji (obserwowalności) informacji. Jego istota jest pojmowana tak, że za pomocą niewielkich porcji zasilenia (impulsów) można wywoływać zmiany w stanach lub strumieniach bardzo dużych zasilenia.

W ramach procesu sterowania wyróżnia się dwa zasadnicze etapy:

1. Ustalenie celu (celów) systemu, które mają być osiągnięte w pewnym momencie.
2. Zastosowanie zasady regulacji do usuwania odchylenia wielkości osiągniętych od wartości zadanych w przedziale czasu, który koń-

¹⁶ Przykładem adaptacyjnego systemu złożonego jest gospodarka wolnorynkowa.

czy się w momencie, z jakim związany jest cel lub wiązka celów (Gościński 1977, s. 64).

Aby w sposób poprawny zbudować zbiór wymuszeń, a więc stanów uznanych za pożądane dla systemu, należy rozpocząć od analizy celu istnienia i funkcjonowania badanego systemu (Flakiewicz 1989, s. 216). Stanowi ona zatem wiodącą przesłanką dla identyfikacji systemu.

Kolejną kwestią jest ustalenie zadań dla niego. Mają one doprowadzić do osiągnięcia celów. Zadanie stanowi określony rezultat działania, cel zaś jest tym, czemu rezultat ten ma służyć (ibidem, s. 217). Zadania stanowią dla systemu normy sterujące (wartości zadane), a więc są czynnikami wyznaczającymi jego stany pożądane.

Można wyodrębnić dwie główne klasy norm sterujących: naturalne i sztuczne. Pierwsze z nich są pochodną istnienia świata ożywionego i dotyczą funkcjonowania organizmów żywych (to np. tętno, skład krwi, stała temperatura ciała niektórych gatunków zwierząt). Normy sztuczne stworzył człowiek (ibidem, s. 218). Są one ustalane arbitralnie. W rezultacie mogą być przekraczane, szczególnie w sytuacji, gdy jest to w interesie pomiotu ustalającego wzmiankowane normy. Dzieje się tak np. w przypadku normy sterującej wyznaczonej jako procent długu publicznego w relacji do PKB. Można uznać, że normy sztuczne są efektem zwyczajów, ustaleń, podzielanych wartości, a wyrażone zostają m.in. poprzez ustawodawstwo. Ma ono być próbą dla zakreślenia granic dla ludzkich zachowań.

Sterowanie systemami o wysokim stopniu złożoności ma charakter sterowania wieloparametrycznego, wielopoziomowego, z określoną strukturą regulatorów i autonomicznych podsystemów. Jest ono procesem wieloetapowym, celowym i świadomym, poszukującym rozwiązań optymalnych (Gościński 1977, s. 75).

Do istotnych zagadnień, jakie należy rozważyć przy badaniu procesów sterowania, należą takie kwestie, jak: kto ustala cele, jaki jest ich dopuszczalny horyzont czasu, co oznacza rewizja lub modyfikacja celów w trakcie realizacji procesów sterowania, co oznacza zbiór lub modyfikacja celów nie w pełni zgodnych, czy sterowanie etapowe oznacza realizowanie celów pośrednich względem ewentualnych celów końcowych (ibidem, s. 67).

Ciężar sterowania spoczywa na czynnikach określających cele (wyznaczenie, weryfikacja, mo-

dyfikowanie, ustalenie sposobu realizacji, optymalizacja). Natomiast sprawność jest efektem procesu regulacji, czyli wyrównywania odchylenia od wyznaczonej drogi (system pomiarów, generowanie wyników porównawczych, uruchamianie działań likwidujących odchylenia) (ibidem, s. 75).

Sterowanie w systemach złożonych jest możliwe w ograniczonym zakresie (zob. Richardson 2005 s. 110). Zdolność systemu do identyfikacji informacji zwrotnej określa się jako obserwowalność sterowania. Chodzi w tym względzie o informację zwrotną (sprzężenie zwrotne), która przebiega od podsystemu sterowania do sterującego (bezpośrednio lub za pośrednictwem otoczenia). A zatem informacja zwrotna podlega selekcji przez identyfikację. Regulacja wymaga, aby podsystem sterujący otrzymał informację zwrotną o efektach sterowania, by proces sterowania był obserwowalny. Przebiega ona od podsystemu sterowania do sterującego bezpośrednio lub za pośrednictwem otoczenia¹⁷. Kryteria identyfikacji dopuszczają taką informację zwrotną, która jest użyteczna dla systemu. Obserwowalność podlega następującym ograniczeniom:

- istnieją pola nieobserwowalne, uwarunkowane przez strukturę systemu;
- nieobserwowalny jest podsystem sterujący, ponieważ nie może być obserwowalny dla samego siebie;
- nieobserwowalne są nadrzędne poziomy w systemie hierarchicznym.

W systemie hierarchicznym obserwowalność jest tym bardziej złożona, im większa jest liczba połączeń, tj. sprzężeń między elementami systemu, zarówno horyzontalnych (na tym poziomie hierarchii), jak i wertykalnych (między poszczególnymi poziomami).

Obserwowalność zależy od spójności systemu. Gdy rośnie spójność, zwiększa się obserwowalność i regulacja. Następuje samoorganizacja lub rozwój integracyjny systemu. Kiedy zaś spójność maleje, słabną też obserwowalność i regulacja. Dochodzi wtedy do dezintegracji systemu lub rozwoju dezintegracyjnego – czyli entropijnego, a to prowadzi do rozpadu systemu (Szymański 1991, s. 63–64).

¹⁷ W tej perspektywie, za sprzężenie zwrotne można uznać dostarczanie informacji zwrotnej.

Przy badaniu sterowalności należy uwzględnić takie kwestie, jak: analiza układu dynamicznego z ograniczeniami na sterowanie, zachowanie się własności sterowalności dla różnych typów ograniczeń, miary i kryteria sterowalności (Klamka 1990, s. 4).

4. Samosterowanie i modularność jako warunki opanowaniu złożoności w systemie globalnym w warunkach destabilizacji

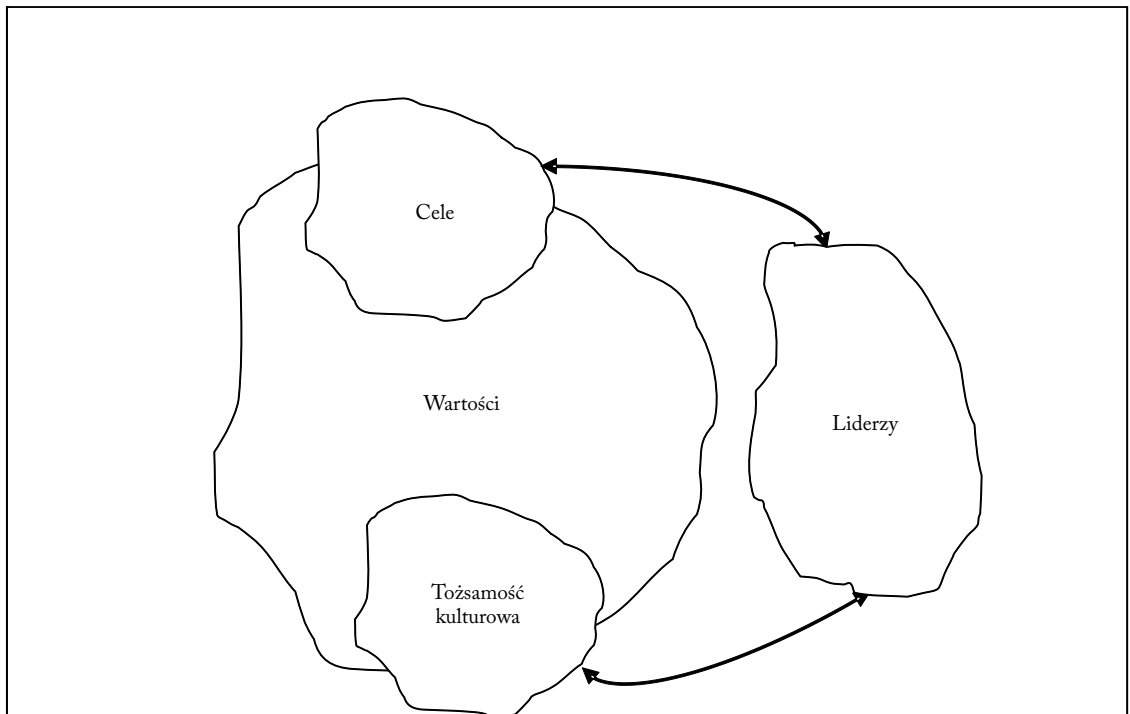
Uzasadnione problemowo wydaje się ujęcie możliwości samosterowania w warunkach destabilizacji. Sterowanie wówczas powinno respektować następujące atrybuty:

- wczesne ostrzeżenie;
- reagowanie w czasie rzeczywistym;
- nadążne działania korekcyjne.

W sytuacji, gdy możliwości przewidywania w globalnym systemie złożonym są ograniczone, na znaczeniu zyskują dwie pozostałe kategorie, czyli nadążne działania korekcyjne oraz reagowanie w czasie rzeczywistym. Pożądane atrybuty mogą być zapewnione przez konstytuowanie się modułów. W całości ma zatem powstać złożony modularny system globalny.

Ogólnie rzecz biorąc, moduł to względnie niezależna część systemu, która odpowiada za realizację jakiejś funkcji lub celu. Połączone moduły konstytuują system o wyższym stopniu złożoności. Gęstość połączeń wewnątrz modułu powinna być większa niż między modułami (Fronczak, Fronczak 2009, s. 55)¹⁸.

Tworzenie modułów powinien zapewniać mechanizm samosterowania. Za kluczowe w jego ramach przyjmuje się zaistnienie absorberów. W najbardziej pierwotnym sensie, do absorberów zalicza się wartości. To one determinu-



Ryc. 1. Wiodące absorbery w procesie samoorganizacji

Źródło: Opracowanie własne.

¹⁸ O związkach, i pojmowaniu modułów i podsystemów zob. Richardson 2004, s. 78–82.

ją tożsamość kulturową. Konsekwencją respektowanych wartości są również wyznaczane cele i sposoby ich realizacji.

Wartości te wyróżnione zostają w ramach globalnego systemu złożonego. Konsekwencją respektowanych wartości są również wyznaczone cele i sposoby ich realizacji (Eoyang 2004, s. 1–3).

Natomiast kategoria liderów występuje w różnych kontekstach i wymiarach, np. w ramach środowisk lokalnych, regionalnych. Takie samosterowanie poprzez absorbery i w konsekwencji liderów zapewnia zarówno krótki czas reakcji, jak i nadążność. Przy czym wartości, tożsamość kulturowa, pozostają ze sobą w interakcji i ewoluują. Kategoria absorbera ma zatem wymiar po części abstrakcyjny (wartości, kultura), ale i po części realny. Przejawem tego jest lider, lecz także formułowane i realizowane cele.

Naturalnie, takie postrzeganie kategorii absorbera może wzbudzać kontrowersje. Absorbery bowiem zyskują różne ukonstytuowanie problemowe. Tymczasem przekładalność kategorii abstrakcyjnych na realne wymyka się jednoznaczному rozstrzygnięciu. Bierze się to ze zróżnicowanej percepcji kategorii absorberów abstrakcyjnych. Znajdują one odzwierciedlenie w postaci wyobrażeń (mających swoje źródło w podświadomości). Wydaje się przy tym, że to liderzy dokonują transformacji abstrakcyjnego wymiaru absorbera na jego postać realną. Takie przełożenie kategorii abstrakcyjnych na realne naturalnie dokonuje się również poprzez formułowanie i realizację celów.

Wydaje się, że to atrybuty uosabiane przez liderów będą rozstrzygać o ujawnianiu się absorbera, a jednocześnie, że można zidentyfikować takie atrybuty, które w przypadku absorberów mają charakter uniwersalny. Wyróżnione wcześniej kategorie, tzn. wartości, kultura, cele, liderzy, będą analizowane zatem w kontekście ich przyciągających właściwości. Należy przy tym pamiętać, że natura absorberów powoduje płynny charakter przejścia wielkości abstrakcyjnych w realne (przynajmniej biorąc pod uwagę sferę poznania).

Na poziomie metaanalizycznym można wskazać takie zmienne, które rozstrzygają o przyciąganiu przez absorbery. Identyfikacja absorberów będzie również stanowić próbę wskazania ich

tożsamości. Do wzmiankowanych wielkości zalicza się:

- **punkty odniesienia** – wydaje się, że o zaistnieniu absorberów rozstrzygają możliwości konstytuowania przez nie orientacji problemowej dla agentów; tak więc kierunek działania absorberów jest sterowany przez punkty odniesienia;

- **poczucie bezpieczeństwa** – agenci będą kierować się w stronę tych absorberów, które według ich wyobrażeń zapewnią przetrwanie.

Natomiast na punkty odniesienia i poczucie bezpieczeństwa wpływają takie elementy, jak: **inspiracja, charyzma, pasja, poświęcenie, strach, szczęście, zadowolenie, piękno**.

Naturalnie, podmiotowość agentów wyznacza ramy dla konstytuowania się absorberów. Z kolei we wzmiankowanym kontekście jest determinowana przez sprawstwo i refleksyjność. Chodzi tu o podmiotowe sprawstwo. W konsekwencji, agent pojmowany jest jako „podmiot sprawczy”. Sprawstwo oznacza zatem kierowanie się w stronę absorberów lub ich kwestionowanie, przy czym stopień jego świadomości jest determinowany w dużej mierze przez refleksyjność. To refleksyjność agenta decyduje o ocenie zasadności realizowanych działań i wyznacza zarazem zakres uświadamianej swobody agenta. W dużej części rozstrzyga ona również o zakresie potencjalnych efektów świadomych działań. Należy pamiętać, że emergencja przynależna absorberowi i podmiotowemu sprawstwu nie jest wynikiem bezpośrednich oddziaływań, lecz w ich ramach pośredniczy refleksyjność.

W przypadku przyciągania przez absorbery dużą rolę odgrywają działania, których źródło tkwi w podświadomości. Jest tak przynajmniej w pierwszej odruchowej fazie kierowania się w stronę absorberów. Źródło takich reakcji stanowi najstarsza (limbiczna) część ludzkiego mózgu. Dopiero później uaktywniają się jego części rozwinięte w dalszej fazie ewolucji. Są one odpowiedzialne za refleksyjność. Zasadniczo, o trwałości i stopniu powiązania z absorberem rozstrzyga jej stopień. Agenci jako podmioty refleksyjne mają zdolność do tego, aby zakwestionować znaczenie reguł, praktyk, punktów odniesienia lub zdecydować o bardziej trwałym powiązaniu z absorberem.

Refleksyjność skutkuje wyłanianiem się pytań: dlaczego skierowałem się w stronę absorbera?, kiedy to nastąpiło?, kim lub czym jest absorber?, gdzie się on znajduje?, z kim skierowałem się w jego stronę?, dlaczego jestem przez niego przyciągany?, jakie będą efekty powiązania z absorberem?

Podmiotowość, i w konsekwencji refleksyjność agenta, powodują, że przyciąganie nie odbywa się bez napięć. Napięcia występujące między absorberami a agentami można podzielić na merytoryczne i emocjonalne, przy czym refleksyjność rodzi głównie napięcia o charakterze merytorycznym, i to niejednokrotnie w perspektywie kilku płaszczyzn problemowych, oraz w ramach różnych zakresów czasowych.

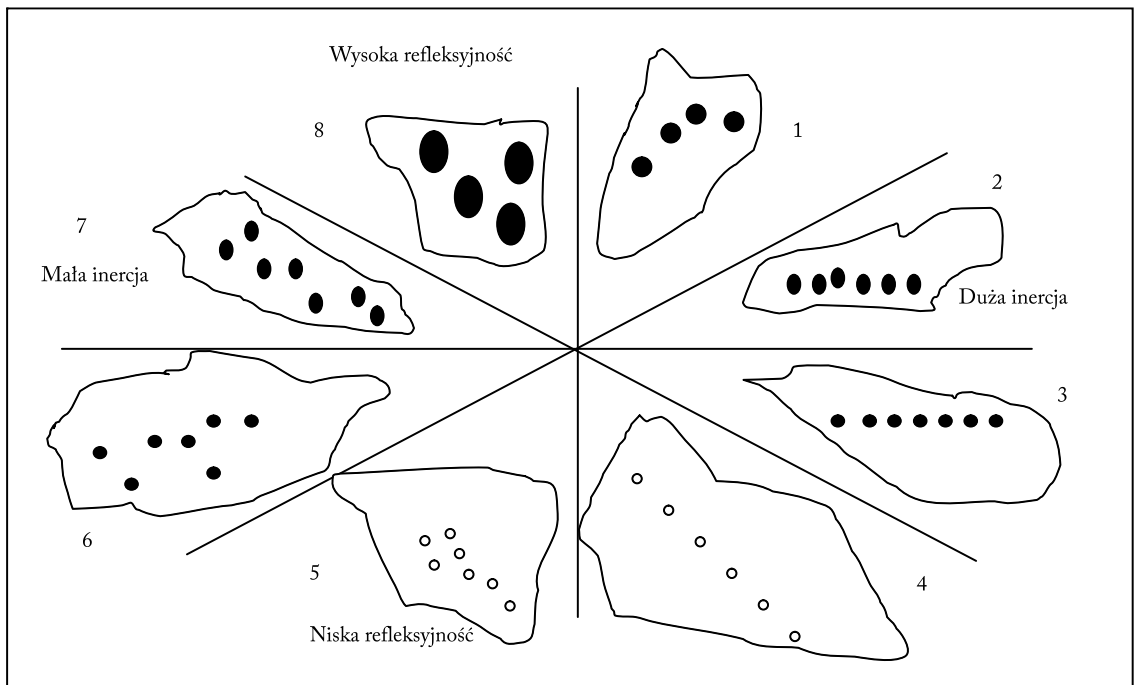
Napięcia mogą prowadzić do wyłaniania się nowych właściwości w zakresie relacji konstytuujących się między absorberem a przyciąganymi agentami oraz do wyzwiania kreatywności. Ale mogą one również wywoływać konflikty. **Z drugiej strony, przy niskim poziomie refleksyjności agencji tkwią w inercji.** Wynika ona z powstawania i utrwalania się modeli poznawczych. Brak koncepcji dotyczących przyszłości nale-

ży uznać za jedną z najważniejszych przyczyn inercji. Przyciągani są agenci wykazujący się zgodnością z absorberem w sferze problemowej i mentalnej. W wyniku przyciągania przez absorber tworzą się wieloaspektowe wzorce działania na skutek zachodzących sprzężeń zwrotnych. Powstające napięcia prowadzą do formowania się przekształceń mogących mieć różnokierunkowy charakter. Efektem jest wyłanianie się nowych modułów.

Przyciąganie przez absorber można również postrzegać jako działanie przy wykorzystaniu symboli. Symbol współtworzy ten, dla którego jest on (lub staje się) symbolem, przez co rozbiciu ulega schematyzm myślenia i wyzwala się kreatywność.

Odwołując się do kategorii podmiotowości agenta i umiejscawiając refleksyjność oraz inercję na dwóch osiach, otrzymujemy różne warianty konstytuowania się modułów działania.

Przy wysokiej refleksyjności i relatywnie dużej inercji (1), agent mimo kwestionowania reguł dyktowanych przez absorber, ze względu na do-
rażnie rozumiane względy zapewnienia poczucia bezpieczeństwa, znajduje się na trajektorii przy-



Ryc. 2. Macierz modułów działania jako efektów samosterowania

Źródło: Opracowanie własne.

ciągania przez absorber. Stopień świadomości konstituowania wzorca działań jest zatem wysoki. W warunkach relatywnie wysokiej refleksyjności i dużej inercji (2) wzorzec konstituowany jest przez następujące po sobie zdarzenia w niewielkim stopniu odbiegające od wartości (norm sterujących) dyktowanych przez absorber. Przy czym niższy już jest stopień świadomości realizowanego wzorca działań. Przy relatywnie niskim poziomie refleksyjności i dużej inercji (3) mamy do czynienia z uporządkowanym zbiorem działań przy spadającym stopniu uświadamiania. W warunkach niskiej refleksyjności i relatywnie dużej inercji (4) realizuje się uporządkowany zbiór działań o niskim stopniu uświadamienia. Działania jest wiele, gdyż agent w bezrefleksyjny sposób kieruje się normami sterującymi. Wobec niskiej refleksyjności i relatywnie małej inercji (5) pojawiają się wprawdzie działania odbiegające od wartości konstytuujących normy sterujące, ale mają one przypadkowy, niezdecydowany charakter. W warunkach małej inercji i relatywnie niskiej refleksyjności (6) jest coraz więcej działań o charakterze przypadkowym niezdecydowanym przez absorbera. Przy małej inercji i relatywnie wysokiej refleksyjności (7) działania są w coraz wyższym stopniu uświadamiane, co oznacza zwiększenie zakresu potencjalnego wykroczenia poza trajektorię wytyczoną poprzez wartości wyznaczone przez absorber. W warunkach małej inercji i wysokiej refleksyjności (8) zachodzą działania o wysokim stopniu uświadamienia, wyznaczające albo własną domenę realizacji, albo podążające w sposób uświadamiony za wartościami sterującymi wskazanymi przez absorber.

Samosterowanie można interpretować jako proces ciągły. Nowe wzorce wyłaniają się na różnych skalach i równocześnie w różnych kontekstach lokalnych. Niektóre, w ramach systemu w procesie samosterowania, są bardziej stabilne niż inne. Stabilność zależy od równowagi między energią (wysiłkami niezbędnymi do utrzymania wzorca zachowania) a wysiłkami wymaganymi do wyeliminowania istniejącego wzorca. Jeśli więcej energii potrzeba do utrzymania wzorca zachowania niż do jego wyeliminowania, jest on niestabilny, zniknie z czasem i zostanie zastąpiony przez wzorzec bardziej zwarty.

Z wpływem czasu wyłaniające się lokalne wzorce rywalizują ze sobą. Te, które są najbardziej stabilne, utrzymują strukturę i utrudniają uformowanie się nowych wzorców. Jeżeli stabilne wzorce są utrzymywane, system może być uznany za taki, w ramach którego zachodzi samoorganizacja.

Ustanowienie wzorca zachowania w ramach systemu określa się mianem koherencji. Oznacza ona, że:

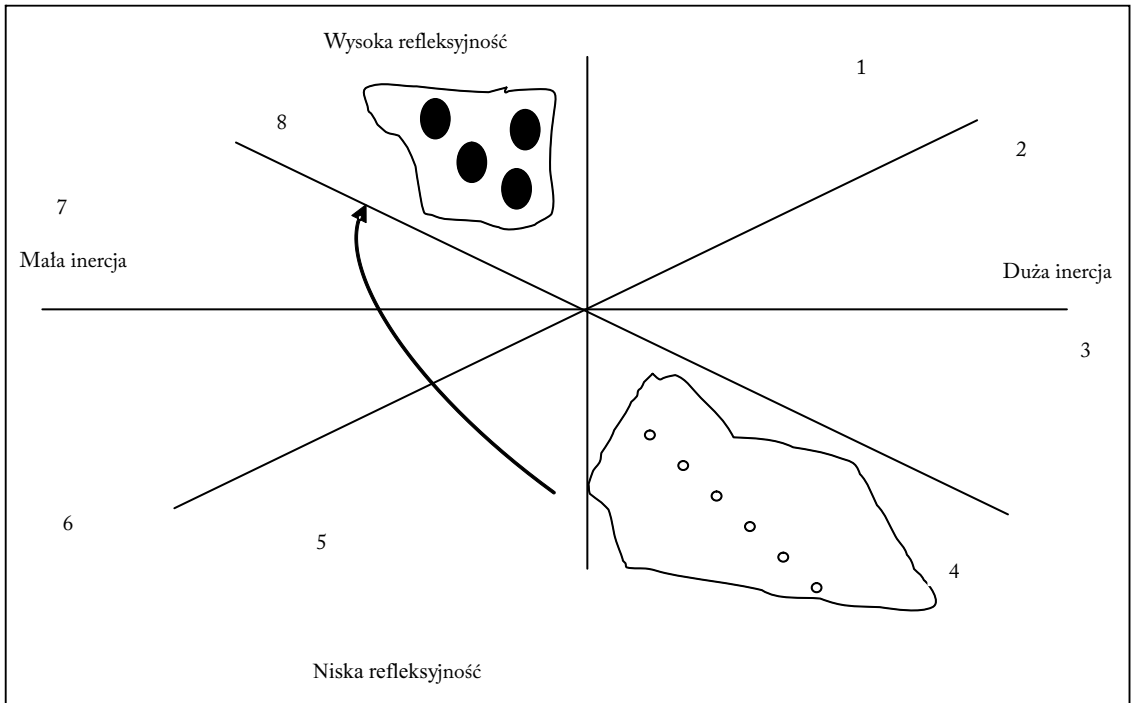
- agenci podzielają wspólną wizję;
- napięcia są zredukowane;
- działania agentów są zgodne z intencją systemu;
- ustanowione wzorce są powtarzane;
- poszczególne moduły systemu funkcjonują w sposób komplementarny.

Wzorcem zachowań zidentyfikowanym w ramach systemów składających się z milionów elementów, między którymi zachodzi dynamiczna interakcja, jest samoorganizująca się krytyczność. Oznacza ona, że niewielkie zakłócenia mogą prowadzić do zmian podobnych do lawin o najróżniejszych rozmiarach (Bak 1996, s. 2). Co więcej, po takiej zmianie następuje powrót do stanu, z którego implikowany jest kolejny ciąg zdarzeń, a takie zmiany są nieuniknione (ibidem, s. 191)

Zanik absorbera następuje wskutek wyczerpywania się energii. Tak więc utrata energii (którą absorber może skierować na określone działania) jest równoznaczna z jego zanikaniem.

Macierz na ryc. 1 spełnia funkcję diagnostyczną. Przy jej zastosowaniu można zidentyfikować konstytuujące się moduły działania w ramach systemu. Stosując takie narzędzie diagnostyczne, jesteśmy w stanie analizować zmiany zachowania systemu w obliczu wybranych czynników zewnętrznych. Mogą one mieć charakter gwałtowny, np. bankructwo banku o dużej liczbie powiązań i/lub wysokiej wartości zagrożonych aktywów, ale również powolny, np. starzenie się społeczeństwa. W obu przypadkach to zachodząca samoorganizacja i jej efekty – moduły działania – rozstrzygają o stopniu dostosowania reakcji systemu na pojawiający się czynnik zewnętrzny.

W perspektywie długookresowej do przetrwania i rozwoju systemu w największym stopniu przyczynia się moduł działania opisany jako „8”



Rys. 3. Przykładowa transformacja modułów działania

Źródło: Opracowanie własne.

na ryc. 2 (wysoka refleksyjność i relatywnie mała inercja). Natomiast w warunkach zmian o charakterze gwałtownym w perspektywie przetrwania systemu najbardziej pożądane są moduły działania scharakteryzowane w ramach ryc. 2 jako „6” i „7” (mała inercja i relatywnie niska lub relatywnie wysoka refleksyjność).

Naturalnie, można się zastanawiać, jak dokonuje się transformacja dominujących modułów działania. Wiodące znaczenie w tym względzie ma hierarchizacja celów wyrażana przez absorber. Założona funkcja celu może w różnym stopniu uwzględniać przetrwanie i rozwój. Transformacja modułów działania następuje, gdy zagrożone jest istnienie systemu i/lub aspiracje agentów odbiegają od wartości symbolizowanych przez absorber i/lub ujawnia się nowy absorber. Przykładem transformacji od modułu opisanego na ryc. 3 jako „4”, gdy realizowany jest uporządkowany zbiór działań o niskim stopniu uświadomienia, do modułu oznaczonego „8”, gdy zachodzą działania o wysokim stopniu uświadomienia, wyznaczające albo własną domenę realizacji, albo podążające

w sposób uświadomiony za wartościami sterującymi wyznaczonymi przez absorber, jest ewolucja zachowań obserwowanych w systemach centralnie sterowanych do zachowań w systemach opartych na inicjatywie własnej.

5. Zakończenie

W tekście podjęto próbę opisu przesłanek i typów złożoności zjawisk materialnych i niematerialnych oraz scharakteryzowano dorobek podejścia systemowego. Zaproponowano jednak taki sposób analizy, w ramach którego ujęto możliwości opanowywania złożoności. Ponadto scharakteryzowano istotę mechanizmu sterowania. Epilogiem zawartych analiz jest zaproponowanie takiego mechanizmu samosterowania, który ma prowadzić do powstania modularnego systemu globalnego. Za wiodące w tej kwestii uznano zaistnienie absorberów. W najbardziej pierwotnym sensie, zaliczono do nich wartości zidentyfikowane w ramach systemu. To one są drogowskazem dla wyznaczonych celów i sposo-

bów ich realizacji, przy czym to podmiotowość agentów tworzy ramy dla konstytuowania się absorberów. Konsekwencją podmiotowości jest refleksyjność agenta. Kierując się refleksyjnością oraz inercją, zidentyfikowano przykładowe warianty konstytuowania się modułów działania jako efektów samosterowania.

Literatura

- Anderson P. (2013). „Complexity theory and organization science”, *Organization Science*, t. 10, nr 3, Special Issue: Application.
- Ashby W.R. (1963). *Wstęp do cybernetyki* (przekł. B. Osuchowska i A. Gosiewski). Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Naukowe.
- Bak P. (1996). *How Nature Works: The Science of Self-Organized Criticality*. New York: Copernicus.
- Bertalanffy L., von (1984). *Ogólna teoria systemów: podstawy, rozwój, zastosowania* (przekł. E. Woydyłło-Woźniak). Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Naukowe.
- Blanc J. J. (2009). „The general theory of meta-dynamics systemicity”, <http://journals.iss.org/index.php/proceedings55th/article/viewFile/1605/555> [data dostępu: 07.08.2012].
- Burnes B. (2004). „Kurt Lewin and complexity theories: Back to the future?”, *Journal of Change Management*, t. 4, nr 4.
- Bytniewski P. (2011). „Michel Foucault: nauki niedojrzałe i ich epistemologia”, *Zagadnienia Naukoznawstwa*, t. 1, nr 187.
- Coveney P., Highfield R. (1997). *Granice złożoności. Poszukiwanie porządku w chaotycznym świecie* (przekł. P. Amsterdamski). Warszawa: Prószyński i S-ka.
- Dolan S.L., Garcia S., Auerbach A. (2003). „Understanding and managing chaos in organizations”, *International Journal of Management*, t. 20, nr 1.
- Eoyang G.H. (2004). „Conditions for self-organizing in human systems”, *Futuristics*, t. 28, nr 3/4.
- Flakiewicz W., Oleński J. (1989). *Cybernetyka ekonomiczna*. Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Ekonomiczne.
- Forrester J.W. (1991). System Dynamics and the Lessons of 35 Years, <https://pl.scribd.com/doc/195438718/Forrester-System-Dynamics-and-the-Lessons-of-35-Years> [data dostępu: 14.10.2014].
- François Ch. (1995). „An integrative view of meta-system transition”, *The Journal of Global Education*, t. 45, nr 1–4.
- Fronczak A., Fronczak P. (2009). *Świat sieci złożonych. Od fizyki do Internetu*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Gantz J. (2009). „Rise of the Embedded Internet”, <http://download.intel.com/embedded/15billion/applications/pdf/322202.pdf> [data dostępu: 30.09.12].
- Gasparski W., Miller D. (red.) (1985). *Projektowanie i systemy* (t. VII). Wrocław–Warszawa–Kraków–Gdańsk–Łódź: Zakład Narodowy im. Ossolińskich, Wyd. PAN.
- Gomółka Z. (2000). *Cybernetyka w zarządzaniu*. Warszawa: Agencja Wydawnicza Placet.
- Gościński J. (1977). *Zarys teorii sterowania ekonomicznego*. Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Naukowe.
- Hilbert M., López P. (2011). „The world’s technological capacity to store, communicate, and compute information”, *Science*, t. 332, nr 60, <http://www.sciencemag.org/content/332/6025/60.full.pdf> [data dostępu: 30.09.12].
- Homenda W. (2009). *Algorytmy, złożoność obliczeniowa, granice obliczalności*. Warszawa: Centrum Studiów Zaawansowanych Politechniki Warszawskiej.
- Klamka J. (1990). *Sterowalność układów dynamicznych*. Warszawa–Wrocław: Państwowe Wydawnictwo Naukowe.
- Kozłowski J. (2012). „Złożoność i zasady systemowe a opis rozwoju społeczeństwa”, w: L.W. Zacher (red.), *Nauka. Technika. Społeczeństwo. Podejścia i koncepcje metodologiczne, wyzwania innowacyjne i ewaluacyjne*. Warszawa: Wydawnictwo Poltext.
- Laszlo A., Krippner S. (1998). „Systems theories: Their origins, foundations, and development”, w: J.S. Jordan (red.), *Systems Theories and A Priori Aspects of Perception*. Amsterdam: Elsevier Science.
- Mainzer K. (2007). *Poznawanie złożoności. Obliczeniowa dynamika materii umysłu i ludzkości*. Lublin: Wydawnictwo Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej.
- Mesjasz Cz. (2004). „Organizacja jako system złożony”, *Zeszyty Naukowe Akademii Ekonomicznej w Krakowie*, nr 652.
- Mesjasz Cz. (2010). „Complexity of social systems”, *Acta Physica Polonica A*, t. 117.
- Nowak S. (2007). *Metodologia badań społecznych*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Ortegon-Monroy M.C. (2003). „Chaos and complexity theory in management: An exploration from a critical systems thinking perspective”, *Systems Research and Behavioural Science*, t. 20, nr 5.

Probst G., Gomez P. (1990). „Myśląc sieciowo unikamy pułapek myślenia menedżerskiego”, *Prakseologia*, nr 3–4.

Reynolds M., Holwell S. (2010). „Introducing systems approaches”, w: M. Reynolds, S. Holwell (red.), *Systems Approaches to Managing Change: A Practical Guide*. London: Springer.

Richardson K.A. (2004). „Systems theory and complexity: Part 2”, *Complexity and Organization*, t. 6, nr 4.

Richardson K.A. (2005). „Systems theory and complexity: Part 3”, *Complexity and Organization*, t. 7, nr 2.

Schwaninger M. (2006). „System dynamics and the evolution of the systems movement”, *Systems Research and Behavioral Science*, t. 23.

Senge M.P. (2000). *Piąta dyscyplina. Teoria i praktyka organizacji uczących się* (przekł. H. Koroleska-Mróz). Warszawa: Dom Wydawniczy ABC.

Skyttner L. (2005). *General System Theory. Problems, Perspectives. Practice*. Singapore: World Scientific Publishing Co. Pyc. Ltd.

Skyttner L. (1996). „General systems theory: Origin and hallmark”, *Kybernetes*, t. 25, nr 6.

Szymański J.M. (1991). *Życie systemów*. Warszawa: Państwowe Wydawnictwo „Wiedza Powszechna”.

Zawiślak A.M. (2011). *O kwantach, rynkach i ekonomistach. Ikebana zadziwień i paradoksów*. Warszawa: Wydawnictwo Poltext.

Zimmewicz K., Piekarczyk A. (2010). *Myślenie sieciowe. W teorii i praktyce*. Warszawa: Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne.

On some aspects of control in the context of complexity

The paper begins with an overview of complexity evolution, its nature and types. The author discusses e.g. the characteristics of epistemological, dynamic and computational complexity. Next, he describes the evolution of the system approach in the context of complexity mastering. He then focuses on the problem of control. Self-control and modularity are considered as the conditions of complexity control in a global system. To master complexity, one needs absorbers, i.e. values identified within the system. A framework in which absorbers can be created is provided by the agents' subjectivity. Different variants of modules have been identified with reference to agent subjectivity, and his or her reflexivity and inertia.

Keywords: complexity, control, system, system approach, modularity.