

SZKOŁA GŁÓWNA HANDLOWA w WARSZAWIE
KOLEGIUM ANALIZ EKONOMICZNYCH

Dariusz Witkowski

**Ocena wpływu struktury sieci produkcyjnej
na transmisję szoków wewnątrz sieci**

Autoreferat rozprawy doktorskiej napisanej pod kierunkiem
naukowym dr. hab. Bogumiła Kamińskiego, prof. SGH

Warszawa, maj 2020 r.

1. Wprowadzenie

Przedmiotem niniejszej rozprawy jest ocena wpływu charakterystyk opisujących sieć produkcyjną, dotyczących struktury powiązań poszczególnych przedsiębiorstw z kontrahentami, na jej odporność na szoki. Wraz z postępującą specjalizacją produkcji połączenia pomiędzy firmami odgrywają coraz większą rolę w gospodarce, por. Levine (2012). Jak wskazali Mizgier, Wagner i Jüttner (2015), rosnąca konkurencja pomiędzy przedsiębiorstwami, coraz większe wymagania stawiane przez konsumentów, postępująca globalizacja i rozwój technologiczny wywierają presję na optymalizację procesów zachodzących nie tylko wewnątrz firmy, ale również pomiędzy firmami tworzącymi sieć produkcyjną. W rezultacie dochodzi m.in. do zwiększenia zakresu zadań, które są delegowane do zewnętrznych przedsiębiorstw (ang. *outsourcing*), przenoszenia produkcji do krajów charakteryzujących się niższymi kosztami pracy, optymalizacji poziomu zapasów (co w praktyce najczęściej oznacza ich ograniczanie) oraz zacieśniania współpracy pomiędzy poszczególnymi uczestnikami procesu produkcyjnego.

Konsekwencją optymalizacji procesu produkcji poprzez wskazane działania jest istotna rozbudowa powiązań pomiędzy firmami, zarówno pod względem liczby połączeń, jak i ich intensywności. Taka współzależność w sektorze przedsiębiorstw implikuje, że szoki dotyczące pojedyncze przedsiębiorstwo mogą mieć konsekwencje wykraczające poza ramy danej firmy, wpływając na funkcjonowanie łańcucha dostaw w ramach którego dana firma funkcjonuje lub – szerzej – na funkcjonowanie całej gospodarki, por. np. Gabaix (2011). Coluzzi, Ghil, Hallegatte i Weisbuch (2010) potwierdzają kaskadowy charakter efektów jakie dla sieci produkcyjnych mogą mieć szoki dotyczące tylko wybrane jednostki w sieci. Wskazują przy tym zarówno nakorzystne efekty w przypadku np. pozytywnych szoków popytowych, jak i na negatywne konsekwencje m.in. kryzysów finansowych, strajków lub katastrof naturalnych. Wśród okoliczności mogących zakłócić płynne funkcjonowanie sieci produkcyjnych Kleindorfer i Saad (2005) wyróżniają czynniki endogeniczne (niedopasowanie popytu i podaży między firmami) oraz egzogeniczne, do których zaliczają (1) zakłócenia operacyjne (np. nieprzewidziane opóźnienia w dostawach, strajki pracownicze); (2) skutki katastrof naturalnych, np. huraganów, trzęsień ziemi, ulewnych deszczy, por. również Webb, Tierney i Dahlhamer (2002); (3) terroryzm i ryzyko polityczne. Z drugiej strony, Carvalho, Nirei, Saito i Tahbaz-Salehi (2017) wskazują, że z uwagi na kluczową rolę dóbr pośrednich

w procesie produkcyjnym, zakłócenia w przepływie dóbr i usług w ramach sieci produkcyjnej są coraz częściej uznawane przez międzynarodowych i krajowych decydentów za potencjalne źródło wystąpienia szoków na poziomie zagregowanym, por. również World Economic Forum (2012), European Commission (2013) oraz White House (2012).

W rozprawie zbadano problem wyjaśnienia zależności pomiędzy wybranymi charakterystykami opisującymi sieć produkcyjną na jej odpornością na szoki. Problem poruszony w pracy należy uznać za ważny z uwagi na trzy następujące aspekty. Po pierwsze, teoretyczna ocena skutków szoków dotyczących sieci produkcyjnej oraz opis schematu (w tym zakresu) przenoszenia się tych szoków pomiędzy firmami mogą przyczynić się do lepszego zrozumienia obserwacji empirycznych. Po drugie, w rozprawie została przeprowadzona rozbudowa metodyki modelowania sieci produkcyjnych stosowanej w dotychczasowej literaturze teoretycznej. Po trzecie, dokładniejsze zrozumienie mechanizmu transmisji szoków w sieciach produkcyjnych może przyczynić się do lepszego zrozumienia wpływu zaburzeń dotyczących poszczególne podmioty (idiosynkratycznych) na funkcjonowanie gospodarki w ujęciu zagregowanym.

Tematyka rozprawy bezpośrednio nawiązuje do luk badawczych zidentyfikowanych w literaturze dotyczącej zarządzania ryzykiem w sieciach produkcyjnych. Snyder i in. (2016) wskazują, że funkcjonowanie złożonych sieci produkcyjnych w obliczu ryzyka wystąpienia zdarzeń zakłócających proces produkcji jest obszarem wymagającym dalszych badań. Autorzy precyzują, że nacisk powinien zostać położony na tworzenie modeli pozwalających na lepsze zrozumienie mechanizmu transmisji szoków w złożonych sieciach produkcyjnych oraz określenie działań, które mogą przyczynić się do ograniczenia skutków tychże szoków.

2. Cel i hipotezy badawcze

Celem pracy jest zweryfikowanie występowania zależności pomiędzy wybranymi charakterystykami definiującymi strukturę sieci produkcyjnej a odpornością poszczególnych podmiotów oraz sieci jako całości na zaburzenia występujące w toku procesu produkcyjnego.

Biorąc pod uwagę wskazany cel rozprawy kluczowe jest zdefiniowanie pojęcia szoku. W niniejszej pracy poprzez szok (wymienne zwany również *zaburzeniem produkcji* lub po prostu *zaburzeniem*) rozumiano wystąpienie zdarzenia, które uniemożliwia danemu przedsiębiorstwu zrealizowanie zamówień zaplanowanych do wykonania w danym okresie.

Taka definicja jest zgodna z podejściem wykorzystywanym w literaturze przedmiotu, por. Snyder i in. (2016).

Realizacja przedstawionego celu badawczego została przeprowadzona poprzez weryfikację czterech następujących hipotez badawczych:

- Hipoteza 1. *Zależność pomiędzy liczbą dostawców i odbiorców, z którymi firmy utrzymują kontakty handlowe a prawdopodobieństwem bankructwa nie jest monotoniczna.*
- Hipoteza 2. *Występowanie w łańcuchu produkcyjnym etapów, w przypadku których produkcja jest dostarczana tylko przez niewielką liczbę dostawców zmniejsza ryzyko wystąpienia zakłóceń w sieci jako całości.*
- Hipoteza 3. *Efekty dywersyfikacji przez firmę ryzyka kontrahenta poprzez zwiększenie liczby partnerów biznesowych zależą od stopnia ich zróżnicowania przestrzennego.*
- Hipoteza 4. *Stopień w jakim szoki dotyczące poszczególne przedsiębiorstwa w sieci produkcyjnej wpływają na zagregowaną produkcję zależy od struktury rozłożenia tych szoków pomiędzy poszczególnymi poziomami łańcucha produkcyjnego.*

W zakresie pierwszej hipotezy badawczej należy wskazać, iż w literaturze dotyczącej zarządzania ryzykiem w sieciach produkcyjnych, w tym również w odniesieniu do ryzyka wystąpienia poważnych zakłóceń w procesie produkcji, dywersyfikacja dostaw poprzez zwiększenie liczby kontrahentów jest przedstawiana jako jedna z metod ograniczenia negatywnego wpływu szoku na dynamikę produkcji firmy, por. Tang (2006). Zastosowanie tej metody w praktyce wymaga odpowiedzi na trzy podstawowe pytania: z iloma dostawcami nawiązać współpracę, których dostawców wybrać oraz w jaki sposób podzielić zamówienia pomiędzy tychże dostawców, por. Snyder i in. (2016). Sheffi (2001) potwierdza przydatność tej metody dywersyfikacji ryzyka w obliczu możliwych zakłóceń produkcji, a Shin, Collier i Wilson (2000) wskazują na powszechność jej stosowania w praktyce biznesowej. Z drugiej strony, część przedsiębiorstw decyduje się na nawiązanie długoterminowej relacji z niewielką liczbą kontrahentów lub wręcz tylko z jednym dostawcą, por. Dyer (1996) oraz Dyer i Ouchi (1993). Zagadnienia wyboru optymalnej liczby kontrahentów oraz wskazania preferowanego charakteru relacji z dostawcami (tj. czy preferowane powinny być relacje długo- czy krótkoterminowe) były przedmiotem licznych prac, przy czym otrzymane wyniki nie były jednoznaczne i zależały od przyjętych założeń i uwarunkowań, por. m.in. Cohen

i Agrawal (1999), Yu, Zeng i Zhao (2009), Namdar, Li, Sawhney i Pradhan (2018), Berger, Gerstenfeld i Zeng (2004), Ruiz-Torres i Mahmoodi (2007) oraz Meena, Sarmah i Sarkar (2011). Ponadto, dotychczasowe prace co do zasady koncentrowały się na optymalizacji decyzji podejmowanych przez pojedyncze przedsiębiorstwo, nie odnosząc się do efektów sieciowych związanych z transmisją szoku w ramach sieci produkcyjnej. Battiston i in. (2007), twórcy modelu stanowiącego podstawę metody badawczej wykorzystanej w niniejszej rozprawie, nie weryfikują w swojej pracy hipotez dotyczących relacji pomiędzy liczbą połączeń nawiązywanych przez firmy a prawdopodobieństwem ich bankructwa. Wskazują oni jedynie, że dysponowanie przez firmy dużą liczbą połączeń z kontrahentami byłoby korzystne z punktu widzenia stabilności tychże przedsiębiorstw. Jednocześnie, zdaniem autora rozprawy, nie można *a priori* wykluczyć, iż początkowo wzrost liczby kontrahentów będzie prowadził do wzrostu prawdopodobieństwa bankructwa firmy. W skrajnym przypadku, firma samowystarczalna, produkująca produkty wyłącznie na rynek konsumencki (tj. nieposiadająca połączeń ani z dostawcami, ani z odbiorcami korporacyjnymi) byłaby odporna na bezpośrednie działanie szoków dotyczących inne podmioty w łańcuchu produkcyjnym. W przypadku natomiast liczby połączeń przekraczającej pewne optimum nie można wykluczyć, że ekspozycja firmy na skutki idiosynkratycznych szoków dotyczących poszczególnych kontrahentów będzie maleć z uwagi na dywersyfikację zamówień lub rynków zbytu, przez co może również zmaleć prawdopodobieństwo bankructwa danej firmy. Nier i in. (2007) przedstawiają przykład takiej niemonotonicznej zależności w sektorze bankowym. Schemat połączeń w sektorze bankowym, który był przedmiotem badania przez Niera i współautorów różni się jednak od struktury połączeń w sieciach produkcyjnych. Zasadność weryfikacji wskazanej hipotezy wynika zatem z faktu występowania różnic w strukturze połączeń pomiędzy rynkiem międzybankowym a siecią produkcyjną (co poddaje w wątpliwość uniwersalność wyniku uzyskanego w przypadku rynku międzybankowego) oraz z braku w dotychczasowej literaturze badań weryfikujących wskazaną zależność w przypadku transmisji szoków w wielopoziomowych sieciach produkcyjnych.

W zakresie drugiej hipotezy badawczej należy wskazać, że w przypadku ograniczonej liczby dostawców wybranego dobra pośredniego dochodzi do współwystępowania następujących dwóch efektów, których wypadkowa nie jest z góry znana. Po pierwsze, mniejsza liczba podmiotów na zadanym poziomie łańcucha produkcji będzie implikowała

większą przeciętną wartość aktywów każdej z tych firm (z uwagi na większą liczbę zamówień implikującą większe możliwości rozwoju firmy), a przez to również większą odporność na szoki. Z drugiej strony, w przypadku gdyby jednak doszło do bankructwa takiej firmy, jego wpływ – z uwagi na duże znaczenie systemowe tego podmiotu – będzie relatywnie silny. Występują zatem dwa wymiary: pierwszy jest związany z prawdopodobieństwem wystąpienia bankructwa firmy, a drugi dotyczy skali konsekwencji systemowych w przypadku jego wystąpienia.

W zakresie trzeciej hipotezy badawczej należy wskazać, iż zdaniem części autorów dywersyfikacja ryzyka związanego z poważnymi zakłóceniami w łańcuchu produkcyjnym może odbywać się poprzez zwiększenie liczby partnerów biznesowych, por. Tang (2006). Wpływ takiego działania na wyniki firmy jest jednak zależny od właściwego doboru dostawców. Określenie kryteriów wyboru dopasowanych do specyfiki działalności firmy, jak i metody selekcji bazującej na tychże kryteriach stanowiło przedmiot licznych badań, por. m.in. De Boer, Labro i Morlacchi (2001), Vonderembse i Tracey (1999), Wilson (1994) oraz Chang, Chang i Wu (2011). Co do zasady, rozpatrywane dotychczas kryteria koncentrowały się jednak na cechach danego dostawcy i szczegółach jego oferty (m.in. cenie, jakości, terminowości), z pominięciem efektów sieciowych. Jednocześnie Masih-Tehrani, Xu, Kumara i Li (2011) wskazują, że zignorowanie korelacji pomiędzy zakłóceniami dotyczącymi poszczególnych kontrahentów może negatywnie wpływać na wyniki firmy. Bazując na analizie empirycznej opartej na danych z branży samochodowej Wagner, Bode i Koziol (2009) podkreślają błędność założenia, że bankructwa dotyczące poszczególnych dostawców są od siebie niezależne. Taki wniosek implikuje z kolei, że dywersyfikacja dostawców może nie być wystarczającym sposobem na zabezpieczenie firmy przed ryzykiem bankructwa jednego z kontrahentów. Firma posiadająca wielu dostawców może wciąż być wystawiona na istotne ryzyko ze strony swoich partnerów biznesowych, jeśli ci z kolei opierają swoją produkcję tylko na zbliżonej grupie poddostawców. W rozprawie zostanie zbadany wpływ jaki na prawdopodobieństwo bankructwa firm ma stopień dywersyfikacji przestrzennej partnerów handlowych. Koncentracja na kontrahentach, którzy znajdują się w bezpośrednim otoczeniu danego przedsiębiorstwa może z jednej strony ograniczać ekspozycję firmy na zaburzenia występujące w pozostałych częściach sieci produkcyjnej. Z drugiej strony jednak, taki dobór kontrahentów może skutkować zwielokrotnieniem skutków szoku, który zmaterializowałby się w bezpośrednim otoczeniu firmy.

W zakresie czwartej hipotezy badawczej Luo (2015) analizuje mechanizm transmisji szoków w sieciach produkcyjnych wskazując, że może on dotyczyć przedsiębiorstw znajdujących się zarówno na wcześniejszym, jak i na późniejszym etapie produkcji w stosunku do firmy dotkniętej szokiem. Wskazuje przy tym, że propagacja szoku w kierunku dostawców jest silniejsza niż w kierunku klientów. W niniejszej pracy została zweryfikowana zależność zagregowanych konsekwencji szoku od struktury rozłożenia pierwotnego zaburzenia pomiędzy poszczególne poziomy łańcucha produkcji.

3. Metoda badawcza

Wyboru metody badawczej dokonano bazując na przedstawionym w rozprawie przeglądzie literatury dotyczącej modelowania sieci produkcyjnych. Przegląd ten pozwolił na określenie modelu bazowego, który w dalszej części rozprawy poddano kalibracji i rozbudowie. Wyboru dokonano z uwzględnieniem pożądanych funkcjonalności narzędzia wynikających z rozpatrywanego problemu badawczego. Wymaganiami stawianymi względem metody było umożliwienie badania następujących zagadnień związanych z funkcjonowaniem sieci produkcyjnych: (1) zależności pomiędzy liczbą dostawców i odbiorców, z którymi firmy utrzymują kontakty handlowe a prawdopodobieństwem bankructwa; (2) wpływu występowania tzw. „wąskich gardeł” w procesie produkcji na ryzyko wystąpienia zakłóceń w sieci jako całości; (3) wpływu dywersyfikacji przestrzennej kontrahentów na prawdopodobieństwo bankructwa oraz (4) wpływu rozłożenia szoków pomiędzy podmioty w sieci produkcyjnej na zagregowane wyniki.

W wyniku przeprowadzonego przeglądu literatury zdecydowano o bazowaniu na modelu wieloetapowej sieci produkcyjnej, który zaproponowali Battiston i in. (2007). Model bazowy został wybrany na podstawie następujących kryteriów warunkujących możliwość weryfikacji sformułowanych hipotez badawczych: (1) uwzględnienie bezpośrednich relacji pomiędzy przedsiębiorstwami tworzącymi sieć produkcyjną; (2) uwzględnienie propagacji szoków w obu kierunkach (tj. w dół i w górę sieci produkcyjnej); (3) wieloetapowość sieci produkcyjnej; (4) uwzględnienie w modelu procesu bankructwa przedsiębiorstw. Model w pierwotnej postaci był jednak uproszczony i niewystarczający, aby wykorzystać go w celu weryfikacji hipotez badawczych postawionych w pracy. Z tego powodu wymagał rozbudowy.

Co więcej, parametry w modelu, który przedstawili Battiston i in. (2007) nie były przedmiotem kalibracji.

W odniesieniu do narzędzia badawczego, wartością dodaną niniejszej pracy jest istotna rozbudowa wskazanego modelu symulacyjnego, Dokonano tego w następującym zakresie. Po pierwsze, uchylono założenie o całkowitym braku zróżnicowania liczby połączeń wychodzących i przychodzących pomiędzy firmami. W rozprawie zaproponowano sposób uwzględnienia w modelu rozkładów połączeń z dostawcami i klientami zgodnych z obserwacjami empirycznymi. Po drugie, uchylono założenie o jednakowej liczbie firm na każdym z poziomów sieci produkcyjnej. W rozprawie zaproponowano taką modyfikację modelu, aby dopuścić występowanie etapów produkcji, na których działalność jest prowadzona przez relatywnie niewielką liczbę podmiotów. Po trzecie, uchylono założenie, że firmy tworzą połączenia wyłącznie z podmiotami ze swojego najbliższego otoczenia. W rozprawie zaproponowano modyfikację modelu dopuszczającą założony stopień zróżnicowania połączeń pod względem geograficznym. Po czwarte, uchylono założenie o braku zróżnicowania szoków dotyczących poszczególne poziomy sieci produkcyjnej. W pracy zaproponowano modyfikację modelu umożliwiającą ograniczenie szoków na określonym poziomie sieci w celu zbadania skutków takiej zmiany dla podmiotów na pozostałych poziomach i dla systemu jako całości.

Wartością dodaną rozprawy jest również przedstawienie ogólnej procedury kalibracji pozwalającej na dopasowanie zastosowanej metody badawczej do danych empirycznych.

Dopiero rozbudowana wersja modelu, którego parametry zostały skalibrowane z wykorzystaniem danych empirycznych, umożliwiła weryfikację hipotez badawczych przedstawionych w rozprawie.

4. Wyniki

Głównym wynikiem pracy jest narzędzie badawcze pozwalające na badanie wpływu struktury sieci produkcyjnej na transmisję szoków wewnątrz sieci oraz wnioski wynikające z jego zastosowania.

W ramach pierwszej hipotezy badawczej weryfikacji poddano występowanie zależności pomiędzy liczbą dostawców i odbiorców, z którymi firmy utrzymują kontakty handlowe a prawdopodobieństwem bankructwa. W szczególności skupiono się na ustaleniu,

czy wskazana relacja wykazuje własność monotoniczności. Wyniki przedstawione w rozprawie wskazują, że wzrost liczby partnerów biznesowych może początkowo prowadzić do wzrostu ryzyka bankructwa firmy, gdyż negatywne efekty związane z większą ekspozycją na szoki występujące w sieci produkcyjnej nie są dostatecznie rekompensowane przez korzyści wynikające z dywersyfikacji. Jednocześnie wraz z rozbudową siatki połączeń, po przekroczeniu maksimum, efekty związane z dywersyfikacją ryzyka bankructwa zaczynają przeważać, co prowadzi do spadku prawdopodobieństwa bankructwa firmy. W rozprawie wskazano również, że rozpatrywane wartości wynikowe (prawdopodobieństwo bankructwa, tempo wzrostu produkcji) zależą nie tylko od liczby dostawców i klientów danej firmy, ale również od zagęszczenia połączeń w całej sieci. Wyższa wartość przeciętnej liczby połączeń skutkuje – co do zasady – poprawą wyników (tj. spadkiem prawdopodobieństwa bankructwa i wyższym tempem wzrostu produkcji) dla firmy o zadanej liczbie połączeń. Interpretacja wniosków powinna się przy tym odbywać z pełną świadomością ograniczeń wynikających z postaci wykorzystanego modelu. Przykładowo, w ramach przedstawionego narzędzia nie wzięto pod uwagę, że nawiązywanie kolejnych połączeń będzie skutkowało wzrostem kosztu ich obsługi. Przy podejmowaniu decyzji dotyczącej rozbudowy siatki połączeń należy uwzględnić oba wskazane aspekty.

W ramach drugiej hipotezy badawczej sprawdzono, czy występowanie w łańcuchu produkcyjnym etapów, w przypadku których produkcja jest dostarczana tylko przez niewielką liczbę dostawców zmniejsza ryzyko wystąpienia zakłóceń w sieci jako całości. Wyniki przedstawione w rozprawie pozwalają na potwierdzenie takiej zależności. W rozprawie wskazano, że ograniczenie liczby producentów na zadanym poziomie sieci może prowadzić do wzmocnienia stabilności całego systemu. Mniejsza liczba podmiotów implikuje większą przeciętną liczbę połączeń, jakie funkcjonujące przedsiębiorstwa nawiązują z pozostałymi podmiotami w sieci, co – poprzez występujące efekty dywersyfikacji – przekłada się na ich większą odporność na szoki. Formułowanie wniosków powinno się przy tym odbywać z pełną świadomością ograniczeń wynikających z postaci wykorzystanego modelu. Przykładowo, w ramach wykorzystanego narzędzia nie wzięto pod uwagę, że mała liczba podmiotów w wybranej branży może skutkować wzrostem ich siły rynkowej, co – poprzez możliwość narzucania kontrahentom korzystnych dla siebie warunków handlowych – może skutkować obniżeniem stabilności pozostałych podmiotów.

W ramach trzeciej z hipotez badawczych sprawdzono, czy efekty dywersyfikacji przez firmę ryzyka kontrahenta poprzez zwiększenie liczby partnerów biznesowych zależą od stopnia ich zróżnicowania przestrzennego. W rozprawie wskazano, że zależność między stopniem dywersyfikacji przestrzennej połączeń w ramach sieci produkcyjnej a stabilnością całej sieci (mierzoną prawdopodobieństwem bankructwa) może mieć charakter nieliniowy. Niewielki stopień dywersyfikacji przestrzennej połączeń może prowadzić do przenoszenia lokalnych szoków na pozostałe obszary sieci w istotnym zakresie, prowadząc do osłabienia stabilności sieci w ujęciu ogólnym. Wraz z pogłębianiem stopnia dywersyfikacji przestrzennej kontrahentów może dochodzić do nasilenia pozytywnych efektów wynikających z rozłożenia skutków szoków na coraz większy obszar w sieci. W takiej sytuacji skutki bankructwa danego podmiotu mogą być powszechnie odczuwalne w sieci produkcyjnej, lecz skala tych efektów jest wówczas na tyle mała, że dochodzi do zmniejszenia odsetka bankrutujących firm. Wyniki symulacji wskazują, że najniższym odsetkiem bankructw mogą charakteryzować się sieci o pełnej dywersyfikacji przestrzennej kontrahentów (aspekt geograficzny nie odgrywa wówczas żadnej roli przy wyborze partnera handlowego). Możliwość wystąpienia takich sieci w rzeczywistości gospodarczej wydaje się jednak wątpliwa, na co wskazują również przykłady empiryczne przedstawione w literaturze, por. m.in. Bernard i in. (2014) oraz Bernard, Moxnes, i in. (2019).

W ramach weryfikacji czwartej hipotezy badawczej sprawdzono, czy stopień w jakim szoki dotyczące poszczególne przedsiębiorstwa w sieci produkcyjnej wpływają na zagregowaną produkcję zależy od struktury rozłożenia tych szoków pomiędzy poszczególnymi poziomami łańcucha produkcyjnego. Bankructwo lub istotne ograniczenie produkcji przez określone przedsiębiorstwo przekłada się na mniejszą produkcję i szok finansowy u jego klientów (z uwagi na fakt, że faktyczna produkcja była niższa w wyniku niedostatku półproduktów, podczas gdy koszty stałe poniesiono przy założeniu braku zakłóceń) i dostawców (z uwagi na brak zapłaty za otrzymane towary w przypadku, gdy klient zbankrutował). W rozprawie wskazano, że efekty szoków mają charakter wygasający wraz z „przemieszczaniem się” na firmy z kolejnych etapów produkcji. Zwiększenie wykorzystania potencjału produkcyjnego, przekładające się na wyższą dynamikę produkcji w ujęciu zagregowanym, może przy tym implikować większe ryzyko działalności dla poszczególnych podmiotów, skutkując wzrostem odsetka bankructw w wybranych obszarach sieci produkcyjnej.

5. Uwagi końcowe

Wnioski z badania mogą okazać się przydatne z punktu widzenia pojedynczego przedsiębiorstwa będącego elementem zadanej sieci produkcyjnej, z punktu widzenia regulatora zainteresowanego oceną stabilności sieci jako całości oraz z punktu widzenia inwestora zainteresowanego pogłębieniem wiedzy na temat profilu ryzyka w określonej firmie lub w określonej branży.

W pierwszym przypadku przedsiębiorca, posiadając szczegółowe informacje na temat położenia swojej firmy w sieci produkcyjnej oraz informacje na temat liczby i zróżnicowania przestrzennego swoich dostawców i odbiorców, będzie miał możliwość oceny ekspozycji swojej firmy na ryzyko związane z uczestnictwem w zadanym łańcuchu dostaw. Wstępnej oceny jakościowej można już dokonać bezpośrednio bazując na wynikach przedstawionych w rozprawie. Możliwe jest również przeprowadzenie bardziej szczegółowej analizy z wykorzystaniem zaprezentowanej w pracy metody badawczej. Warunkiem wstępnym dla dokonania takiej oceny powinno być skalibrowanie parametrów modelu z uwzględnieniem warunków obserwowanych w konkretnej sieci produkcyjnej. Otrzymane wyniki mogą okazać się przydatne nie tylko do zdiagnozowania bieżącego stanu, ale mogą zostać również wykorzystane do sformułowania rekomendacji odnośnie pożądanego kierunku zmiany liczby dostawców lub odbiorców oraz zmiany stopnia dywersyfikacji przestrzennej kontrahentów

W drugim przypadku regulator może otrzymać informację na temat profilu ryzyka w zadanej sieci produkcyjnej. Posiadając wiedzę na temat liczby podmiotów na poszczególnych poziomach sieci oraz – choćby przybliżoną – informację na temat liczby połączeń posiadanych przez poszczególne przedsiębiorstwa, możliwe jest wykorzystanie modelu przedstawionego w rozprawie do wykonania eksperymentu symulacyjnego mającego na celu ustalenie schematu transmisji szoków wewnątrz sieci. Formułowanie ogólnych wniosków jest przy tym możliwe bez konieczności wykonywania dodatkowych obliczeń, bazując na wnioskach wskazanych w rozprawie. Z punktu widzenia regulatora istotne mogą okazać się w szczególności przedstawione w rozprawie informacje na temat schematu transmisji szoków w sieciach produkcyjnych (w tym m.in. informacja na temat szczególnego narażenia na skutki szoków przedsiębiorstw znajdujących się w środkowej części łańcucha dostaw, narażonych na transmisję szoków zarówno „w górę”, jak i „w dół” sieci produkcyjnej). Bardziej szczegółowe wnioskowanie powinno natomiast zostać

poprzedzone dopasowaniem struktury modelowanej sieci do zadanych warunków empirycznych. Realizacji takiego zadania sprzyja fakt, że tablica połączeń między firmami stanowi element kodu, który można edytować niezależnie od reszty modelu. Po zmodyfikowaniu tablicy połączeń zgodnie z założeniami regulatora (np. opierając się na posiadanej wiedzy na temat empirycznego schematu połączeń) możliwe jest zreplikowanie badania przedstawionego w rozprawie dla zadanej sieci.

W trzecim przypadku właściciele kapitału mogą pogłębić swoją wiedzę na temat ryzyka bankructwa określonego przedsiębiorstwa lub grupy przedsiębiorstw w zadanej sieci produkcyjnej. Wykorzystanie wniosków przedstawionych w rozprawie przez odniesienie ich do konkretnego podmiotu może pozwolić na lepsze zrozumienie na ile dane przedsiębiorstwo jest obciążone ryzykiem upadłości z uwagi na strukturę połączeń posiadanych z kontrahentami. Zestawienie wyników takiej analizy z aktualną wyceną spółki mogłoby zostać wykorzystane w celu oceny czy ryzyko bankructwa jest we właściwym stopniu zdyskontowane w notowaniach danej firmy, przyczyniając się do ograniczenia niepewności związanej z rozpatrywaną inwestycją.

Wyniki badania zaprezentowanego w rozprawie mogą stanowić punkt wyjściowy do dalszych prac w zakresie transmisji szoków w sieciach produkcyjnych. Przeprowadzenie takich prac mogłoby polegać na zmniejszeniu lub wręcz zniwelowaniu ograniczeń wynikających z podejścia zastosowanego w rozprawie, m.in. poprzez jeszcze dokładniejsze oparcie specyfikacji modelu oraz wartości jego parametrów na danych empirycznych oraz poprzez uchylenie założenia o stałości siatki połączeń w czasie. Po pierwsze, dostęp do szczegółowych obserwacji empirycznych – a przez to możliwość dopasowywania parametrów modeli do danych – jest w obecnej chwili nadal ograniczony. Wraz z rozwojem mocy obliczeniowych komputerów i wzrostem dostępności danych jednostkowych dotyczących połączeń pomiędzy poszczególnymi podmiotami w gospodarkach różnych krajów, możliwości dopasowania przedstawionego narzędzia do danych empirycznych będą ulegały poprawie. Ponowne przeliczenie wyników po uprzednim uwzględnieniu tych informacji w ramach specyfikacji modelu może prowadzić do poprawy dokładności prezentowanych wyników. Po drugie, przedmiotem dalszych badań może być rozbudowa narzędzia badawczego poprzez umożliwienie endogenicznego kształtowania się struktury sieci połączeń w modelu. Zastosowanie takiego podejścia wymagałoby stworzenia mechanizmu podejmowania przez poszczególne firmy decyzji o zmianie kontrahenta.

Jednym z rozważanych kierunków zmian jest dopuszczenie, aby poszczególne podmioty wybierały swojego kontrahenta opierając się na kryterium ceny lub na kryterium stabilności dostawcy. Taka modyfikacja pozwoliłaby na weryfikację hipotezy, czy dokonywanie przez firmy wyboru dostawców na podstawie kryterium proefektywnościowego (najniższej ceny) a nie „prostabilnościowego” prowadzi w długim okresie do pogorszenia stabilności sieci jako całości.

Dariusz Litkowski

Bibliografia

- Battiston, S., Delli Gatti, D., Gallegati, M., Greenwald, B., & Stiglitz, J. E. (2007). Credit chains and bankruptcy propagation in production networks. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 31(6), 2061–2084. <https://doi.org/10.1016/j.jedc.2007.01.004>
- Berger, P. D., Gerstenfeld, A., & Zeng, A. Z. (2004). How many suppliers are best? A decision-analysis approach. *Omega*, 32(1), 9–15. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2003.09.001>
- Bernard, A., Moxnes, A., & Saito, Y. (2014). Geography and Firm Performance in the Japanese Production Network. Discussion papers.
- Bernard, A., Moxnes, A., & Saito, Y. U. (2019). Production networks, geography, and firm performance. *Journal of Political Economy*, 127(2). <https://doi.org/10.1086/700764>
- Carvalho, V. M., Nirei, M., Saito, Y. U., & Tahbaz-Salehi, A. (2017). Supply Chain Disruptions: Evidence from the Great East Japan Earthquake. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2893221>
- Chang, B., Chang, C.-W., & Wu, C.-H. (2011). Fuzzy DEMATEL method for developing supplier selection criteria. *Expert Systems With Applications*, 38, 1850–1858. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.07.114>
- Cohen, M. A., & Agrawal, N. (1999). An analytical comparison of long and short term contracts. *IIE Transactions*, 31(8), 783–796. <https://doi.org/10.1023/A:1007662313769>
- Coluzzi, B., Ghil, M., Hallegatte, S., & Weisbuch, G. (2010). Boolean delay equations on networks: An application to economic damage propagation. <https://doi.org/10.1142/S0218127411030702>
- De Boer, L., Labro, E., & Morlacchi, P. (2001). A review of methods supporting supplier selection. *European Journal of Purchasing and Supply Management*, 7(2), 75–89. [https://doi.org/10.1016/S0969-7012\(00\)00028-9](https://doi.org/10.1016/S0969-7012(00)00028-9)

- Dyer, J. H. (1996). How Chrysler Created an American Keiretsu. *Harvard Business Review*, 42–56.
- Dyer, J., & Ouchi, W. (1993). Japanese-style partnerships: giving companies a competitive edge. *MIT Sloan Management Review*, 35(1).
- European Commission. (2013). Customs Risk Management and Security of the Supply Chain. Pobrano z <https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2012/EN/1-2012-793-EN-F1-1.Pdf>
- Gabaix, X. (2011). The Granular Origins of Aggregate Fluctuations. *Econometrica*, 79(3), 733–772. <https://doi.org/10.2139/ssrn.1111765>
- Kleindorfer, P. R., & Saad, G. H. (2005). Managing Disruption Risks in Supply Chains. *Production and Operations Management*, 14(1), 53–68.
- Levine, D. K. (2012). Production chains. *Review of Economic Dynamics*, 15(3), 271–282. <https://doi.org/10.1016/j.red.2012.01.003>
- Luo, S. (2015). Propagation of Financial Shocks in an Input-Output Economy. Pobrano z <http://www.columbia.edu/~sl3256/research.html>
- Masih-Tehrani, B., Xu, S. H., Kumara, S., & Li, H. (2011). A single-period analysis of a two-echelon inventory system with dependent supply uncertainty. *Transportation Research Part B: Methodological*, 45(8), 1128–1151. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2011.04.003>
- Meena, P. L., Sarmah, S. P., & Sarkar, A. (2011). Sourcing decisions under risks of catastrophic event disruptions. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 47(6), 1058–1074. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2011.03.003>
- Mizgier, K. J., Wagner, S. M., & Jüttner, M. P. (2015). Disentangling diversification in supply chain networks. *International Journal of Production Economics*, 162, 115–124. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2015.01.007>
- Namdar, J., Li, X., Sawhney, R., & Pradhan, N. (2018). Supply chain resilience for single and multiple sourcing in the presence of disruption risks. *International Journal of Production Research*, 56(6), 2339–2360. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1370149>
- Nier, E., Yang, J., Yorulmazer, T., & Alentorn, A. (2007). Network models and financial stability. *Journal of Economic Dynamics & Control*, 31, 2033–2060. <https://doi.org/10.1016/j.jedc.2007.01.014>
- Ruiz-Torres, A. J., & Mahmoodi, F. (2007). The optimal number of suppliers considering the costs of individual supplier failures. *Omega*, 35(1), 104–115. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2005.04.005>
- Sheffi, Y. (2001). Supply Chain Management under the Threat of International Terrorism. *The*

- International Journal of Logistics Management, 12(2), 1–11.
<https://doi.org/10.1108/09574090110806262>
- Shin, H., Collier, D. A., & Wilson, D. D. (2000). Supply management orientation and supplier/buyer performance. *Journal of Operations Management*, 18(3), 317–333.
[https://doi.org/10.1016/S0272-6963\(99\)00031-5](https://doi.org/10.1016/S0272-6963(99)00031-5)
- Snyder, L. V., Atan, Z., Peng, P., Rong, Y., Schmitt, A. J., & Sinsoysal, B. (2016, luty 1). OR/MS models for supply chain disruptions: A review. *IIE Transactions (Institute of Industrial Engineers)*. Taylor and Francis Ltd. <https://doi.org/10.1080/0740817X.2015.1067735>
- Tang, C. S. (2006, październik 1). Perspectives in supply chain risk management. *International Journal of Production Economics*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2005.12.006>
- Vonderembse, M. A., & Tracey, M. (1999). The Impact of Supplier Selection Criteria and Supplier Involvement on Manufacturing Performance. *The Journal of Supply Chain Management*, 35(3), 33–39. <https://doi.org/10.1111/j.1745-493X.1999.tb00060.x>
- Wagner, S. M., Bode, C., & Koziol, P. (2009). Supplier default dependencies: Empirical evidence from the automotive industry. *European Journal of Operational Research*, 199(1), 150–161. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2008.11.012>
- Webb, G. R., Tierney, K. J., & Dahlhamer, J. M. (2002). Predicting long-term business recovery from disaster: A comparison of the Loma Prieta earthquake and Hurricane Andrew. *Environmental Hazards*, 4(2–3), 45–58. [https://doi.org/10.1016/S1464-2867\(03\)00005-6](https://doi.org/10.1016/S1464-2867(03)00005-6)
- White House. (2012). National Strategy For Global Supply Chain Security. Pobrano z https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/national_strategy_for_global_supply_chain_security.pdf
- Wilson, E. J. (1994). The Relative Importance of Supplier Selection Criteria: A Review and Update. *International Journal of Purchasing and Materials Management*, 30(2), 34–41.
<https://doi.org/10.1111/j.1745-493X.1994.tb00195.x>
- World Economic Forum. (2012). New Models for Addressing Supply Chain and Transport Risk. Pobrano z http://www3.weforum.org/docs/WEF_SCT_RRN_NewModelsAddressingSupplyChainTransportRisk_IndustryAgenda_2012.pdf
- Yu, H., Zeng, A. Z., & Zhao, L. (2009). Single or dual sourcing: decision-making in the presence of supply chain disruption risks. *Omega*, 37(4), 788–800.
<https://doi.org/10.1016/j.omega.2008.05.006>