

POTENCJAŁ APLIKACYJNY METODY DEMATEL I JEJ ROZSZERZENIE W BUDOWNICTWIE

Mirosław DYT CZAK^{a*}, Grzegorz GINDA^a, Beata GOTOWAŁA^b, Nina SZKLENNIK^c

^a Wydział Budownictwa, Politechnika Opolska, ul. Katowicka 48, 45-061 Opole

^b AMW (OT Szczecin), ul. Nowowiejska 26A, 00-911 Warszawa

^c Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Politechnika Białostocka, ul. Wiejska 45E, 15-351 Białystok

Streszczenie: Metoda DEMATEL sprawdza się powszechnie w roli efektywnego narzędzia do analizy przyczynowo-skutkowej procesów, ujmujących czynniki o zarówno łatwo, jak i trudno mierzalnej naturze. Jej rozwój spowodował jednak poszerzenie możliwości aplikacyjnych. W pracy przedstawiono możliwości zastosowania metody DEMATEL w budownictwie. Zilustrowano je przykładami obliczeniowymi dotyczącymi analizy łańcuchów przyczynowo-skutkowych oraz wielokryterialnej analizy decyzji.

Słowa kluczowe: budownictwo, przyczyna, skutek, kryteria, decyzja, DEMATEL.

1. Wprowadzenie

Wytwory budownictwa dają człowiekowi schronienie oraz umożliwiają realizację innych, licznych i zróżnicowanych celów. Budownictwo stanowi więc wyjątkowy rodzaj powszechnej działalności. Współczesne uwarunkowania sprawiają, że działalność budowlaną charakteryzuje znaczny stopień złożoności. Złożoność ta wynika zarówno ze specyficznych cech wytworów budownictwa, jak i samego procesu ich wytwarzania. Produkty budownictwa muszą bowiem spełniać wiele (często sprzecznych wymagań), są kosztowne, proces ich wytwarzania jest złożony, czasochłonny i zasobochłonny. Ponadto w proces powstawania obiektów budowlanych zaangażowani są zróżnicowani uczestnicy.

Złożoność działalności budowlanej sprawia, że pojawia się w jej trakcie konieczność rozwiązywania, zagadnień decyzyjnych o znacznie zróżnicowanym (i często wielodyscyplinarnym) charakterze. Należą do nich przykładowo zagadnienia związane z wielokryterialną analizą wariantów decyzji oraz identyfikacją czynników łańcucha przyczynowo-skutkowego. Do rozwiązywania zagadnień o takim właśnie charakterze nadaje się metoda DEMATEL.

2. Metoda DEMATEL

DECision MAKing Trial and Evaluation Laboratory została utworzona w Batelle Institute w Genewie we wczesnych latach 70-ych ubiegłego wieku (Gabus i Fontela, 1972). Utworzono ją z myślą o wspomaganiu rozwiązywania gospodarczo-społeczno-środowiskowych problemów globalnych i lokalnych ówczesnego świata. Jej podstawowym przeznaczeniem była identyfikacja roli czynników łańcuchów przyczynowo-skutkowych. Wkrótce też o niej prawie zupełnie zapomniano na kilkadziesiąt lat. Pamięć o niej została odświeżona na przełomie wieków. Ponowne zainteresowanie nią pojawiło się tym razem głównie w krajach Dalekiego Wschodu. Została ona z powodzeniem zaadaptowana do rozwiązywania innych, niż to pierwotnie przewidziano, zagadnień. Nowe zastosowania objęły m.in. problemy zarządzania przedsiębiorstwem i jego zasobami, marketingu, a także inżynierii produkcji. Adaptując metodę do rozwiązywania bardziej zróżnicowanych zagadnień praktycznych znacznie ją ulepszono, umożliwiając m.in. przeprowadzanie analiz w warunkach rozmytości dostępnej informacji i zagadnień stochastycznych, wprowadzając przy tym nowe elementy, jak np. próg wrażliwości.

Większość zastosowań wiąże się wciąż jednak z identyfikacją roli czynników łańcucha przyczynowo-skutkowego. Metodę zaadaptowano jednak także do rozwiązywania zagadnień wielokryterialnej (wielo-

* Autor odpowiedzialny za korespondencję. E-mail: m.dytczak@po.opole.pl

atrybutowej) analizy decyzji (ang. *multi-criteria decision analysis*, MCDA) (Dytczak, 2008). Zintegrowano ją przy tym z innymi metodami MCDA (Dytczak i Ginda, 2010).

Podstawę metody stanowią porównania parami rozważanych obiektów (czynników) z uwagi na bezpośredni wpływ. Metoda jest podobna pod względem zasad oceny relacji między obiektami do analizy hierarchicznej/sieciowej procesów (AHP/ANP) (Saaty, 1980). Stosowana jest tu także podobna jak w AHP/ANP, dyskretna skala oceny relacji między obiektami. Przyjmuje ona formę $0 - N$, przy czym jej najniższy poziom odpowiada brakowi wpływu pierwszego z porównywanych, w ramach par, obiektów nad drugim. Najwyższy poziom skali N odpowiada natomiast skrajnie dużemu wpływowi pierwszego obiektu na drugi. Poziomy pośrednie odpowiadają stopniowemu zwiększaniu wpływu pierwszego obiektu nad drugim. Przykładowo, w oryginalnej wersji DEMATEL zaproponowano skalę o $N = 4$, której pośrednie stopnie odpowiadały:

1. niewielkiemu wpływowi pierwszego z obiektów rozważanej pary nad drugim,
2. wyraźnemu wpływowi pierwszego z obiektów,
3. jeszcze bardziej wyraźnemu (bardzo dużemu) wpływowi pierwszego z obiektów.

DEMATEL zawdzięcza sukcesy aplikacyjne nieskomplikowanemu opisowi modelu rozważanych zagadnień oraz stosowanych przekształceń matematycznych. Komplet oceny relacji bezpośredniego wpływu pozwala na zbudowanie skierowanego grafu bezpośredniego wpływu. W przekształceniach matematycznych wykorzystuje się wyrażającą ją macierz bezpośredniego wpływu A . Na jej podstawie otrzymuje się macierz całkowitego (zarówno bezpośredniego, jak i pośredniego) wpływu T . Jej elementy pozwalają wyznaczyć wartości 2 charakterystycznych wskaźników: pozycji (prominencji) i relacji, identyfikujących charakter rozważanych obiektów odpowiednio w kontekście roli w procesie ustalania struktury wpływu obiektów oraz wpływu na pozostałe objekty. Pozwala to ustalać stopień całkowitego wpływu obiektów, a w konsekwencji je rangować i identyfikować ich (przyczynowy i skutkowy) charakter. Wyniki analizy całkowitego wpływu można także uczytelnić przy pomocy tzw. *mapy całkowitego wpływu*, pokazującej relacje wpływu zachodzące pomiędzy poszczególnymi obiektami. W celu dalszego pogłębienia wiedzy na temat źródeł wpływu obiektów można wykorzystać identyfikację charakteru obiektów w kontekście wywierania przez nie pośredniego wpływu.

W przypadku wielokryterialnego wspomaganie decyzji wykorzystuje się podział analizy na analizy cząstkowe podporządkowane pojedynczym kontekstom (kryteriom), a następnie ważone, sumacyjne agregowanie odpowiednio ujednoliconych (zunitaryzowanych) wyników analiz cząstkowych. Ponadto, zmianie ulega kontekst porównywania obiektów w parach. Tym razem dotyczy on bowiem relacji bezpośredniej przewagi, a nie bezpośredniego wpływu. Szczegółowe zasady stosowania DEMATELa do wielokryterialnej oceny obiektów zostały opisane w pracach (Dytczak, 2008 i 2010).

3. Potencjał aplikacyjny DEMATELa w budownictwie

3.1. Rodzaje problemów decyzyjnych

Przegląd zastosowań metody można przykładowo znaleźć w pracach (Dytczak i Ginda, 2009; Dytczak, 2010). Ich analiza wskazuje na znaczne zróżnicowanie dziedzin zastosowania. W przypadku budownictwa została wykorzystana zarówno możliwość identyfikacji charakteru rozważanych grup obiektów, jak i wielokryterialnej analizy decyzji.

Poniżej przedstawiono przykłady zastosowań w budownictwie. Z jednej strony dają one pewien pogląd na konkretne możliwości aplikacyjne, z drugiej jednak warto je potraktować jako rodzaj inspiracji odnośnie innych zastosowań w budownictwie. W pracy (Dytczak, 2010) określono cztery obszary zastosowań metody przydatnych w budownictwie:

1. ocena (stopnia wykorzystania zasobów i stosowanych rozwiązań);
2. identyfikacja (związków przyczynowo-skutkowych, charakteru obiektów, zagrożeń, źródeł zanieczyszczeń, elementów składowych i trybów użytkowania wrażliwych na awarie);
3. optymalizacja (racjonalizacja polityki remontowej);
4. szacowanie (wartości nieruchomości).

3.2. Identyfikacja związków przyczynowo-skutkowych

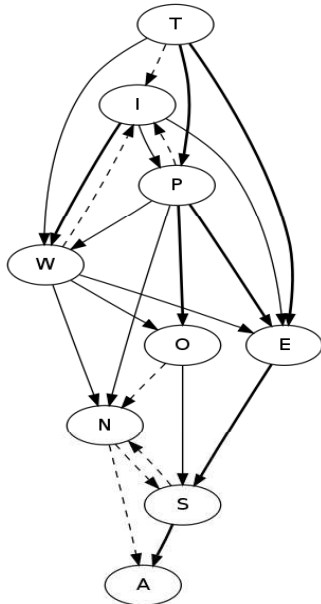
W przypadku identyfikacji związków przyczynowo-skutkowych na uwagę zasługuje zastosowanie DEMATELa do identyfikacji przyczyn awarii konstrukcji (Dytczak i in., 2011), opóźnień w realizacji robót budowlanych (Dytczak i in., 2010; 2011b). Użyto jej również do określenia roli kryteriów stosowanych przy kształtowaniu polityki remontowej związanej z utrzymaniem zasobów spółdzielni mieszkaniowej (Dytczak i Ginda, 2009).

Poniżej przedstawiono zasady analizy i wyniki DEMATEL odnoszące się do identyfikacji przyczyn zniszczenia awarii przekrycia osadnika oczyszczalni ścieków (Dytczak i in., 2011a). Ujęto przy tym następujące grupy czynników mających na jej wystąpienie potencjalny wpływ:

1. decyzje podmiotów zaangażowanych w projektowanie i realizację konstrukcji przekrycia (projektanta P, inwestora I, wykonawcy W);
2. czynniki niezależne od powyższych podmiotów (innowacyjny charakter konstrukcji T);
3. czynniki związane z zachowaniem materiału i konstrukcji (występowanie bardziej niekorzystnych, niż przewidziano to w projekcie, wartości i układów obciążeń konstrukcji O; niedostateczna sztywność konstrukcji E; utrata stateczności przez konstrukcję S; przekroczenie stanów granicznych konstrukcji N; awaria konstrukcji A).

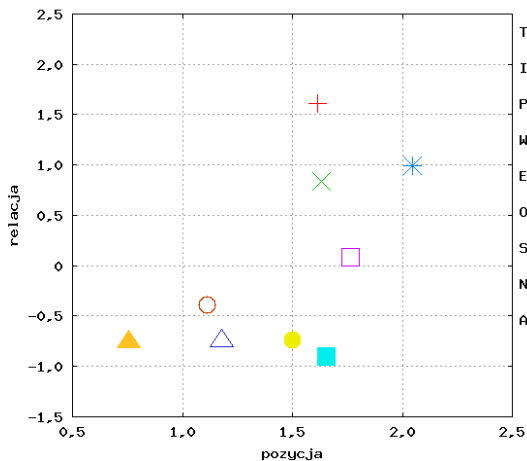
Do oceny wpływu poszczególnych czynników posłużono się skalą o wartości parametru $N = 3$. Wartości ocen relacji bezpośredniego wpływu w ramach poszczególnych par czynników ustalono na podstawie

analizy przebiegu procesu przygotowania i realizacji konstrukcji, jej charakteru oraz wyników oględzin, a także laboratoryjnych i symulacyjnych badań zachowania konstrukcji i materiału. Uzyskany graf bezpośredniego wpływu pokazuje rysunek 1. Wartości ocen relacji zakodowano na nim przy pomocy krojów linii łuków. Ciągła linia gruba odpowiada ocenie 3, ciągła cienka linia ocenie 2, zaś linia kreskowa odpowiada ocenie 1.



Rys. 1. Graf bezpośredniego wpływu dla zagadnienia identyfikacji przyczyn awarii

W wyniku przeprowadzonych obliczeń określono całkowity wpływ poszczególnych czynników. W ujęciu ogólnym wyraża go wykres wartości wskaźników pozycji i relacji pokazany na rysunku 2.



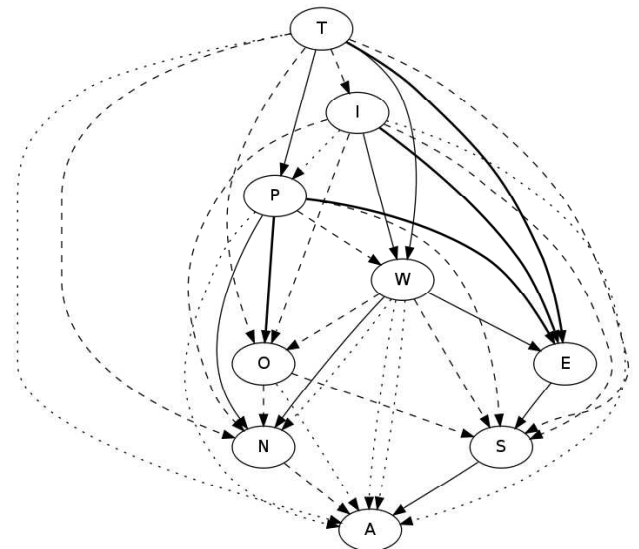
Rys. 2. Wskaźniki pozycji i relacji poszczególnych czynników dla zagadnienia przyczyn awarii

Na podstawie otrzymanych wartości wskaźników można stwierdzić, że z uwagi na największą wartość wskaźnika relacji, czynnikiem o największym sumarycznym wpływie jest T. Nieco mniejszym wpływem legitymują się czynniki P oraz I. Wyraźnie dodatnie wartości wskaźnika relacji, osiągnięte w przypadku

powyższych czynników wskazują na ich przyczynowy charakter. Większość pozostałych czynników wykazuje wyraźnie ujemną wartość wskaźnika relacji. Można je więc traktować jako skutki oddziaływania przyczyn. Wyjątkiem jest czynnik W, który wykazuje się małą dodatnią wartością wskaźnika relacji. Powoduje to, że można go sklasyfikować jako czynnik o mieszanej, częściowo przyczynowej, a częściowo skutkowej naturze.

Z kolei ponadprzeciętne wartości wskaźnika pozycji pozwalają wyróżnić grupę czynników odgrywających wiodącą rolę przy ustalaniu charakteru poszczególnych czynników (W, E, I, T, S, a zwłaszcza P). Niższe od przeciętnych wartości wskaźnika pozycji wskazują natomiast na czynniki mało aktywne w procesie identyfikacji roli czynników (A). Wobec przeciętnych wartości wskaźnika pozycji, pozostałe czynniki mają raczej umiarkowany wpływ na ustalanie roli czynników.

Ostatecznie więc zidentyfikowano główną przyczynę awarii w postaci innowacyjnego charakteru konstrukcji T. Do grupy przyczyn można także zaliczyć czynniki decyzji projektanta P i inwestora I. Skutkami poza awarią okazały się: obniżona sztywność E, utrata stateczności S i przekroczenie stanów granicznych konstrukcji N oraz bardziej niekorzystne wartości i układy obciążeń, niż to przewidziano w projekcie O. Mapa całkowitego wpływu przedstawiona na rysunku 3 potwierdza mieszaną rolę czynnika decyzji wykonawcy, zarówno przyczyny jak i skutku. Wykorzystane na niej kroje linii wyrażają zróżnicowanie stopnia całkowitego wpływu. Linia ciągła gruba odpowiada największemu wpływowi, cienka linia ciągła nieco mniejszemu wpływowi, linia kreskowa jeszcze mniejszemu wpływowi, a kropkowa zdecydowanie najmniejszemu wpływowi.



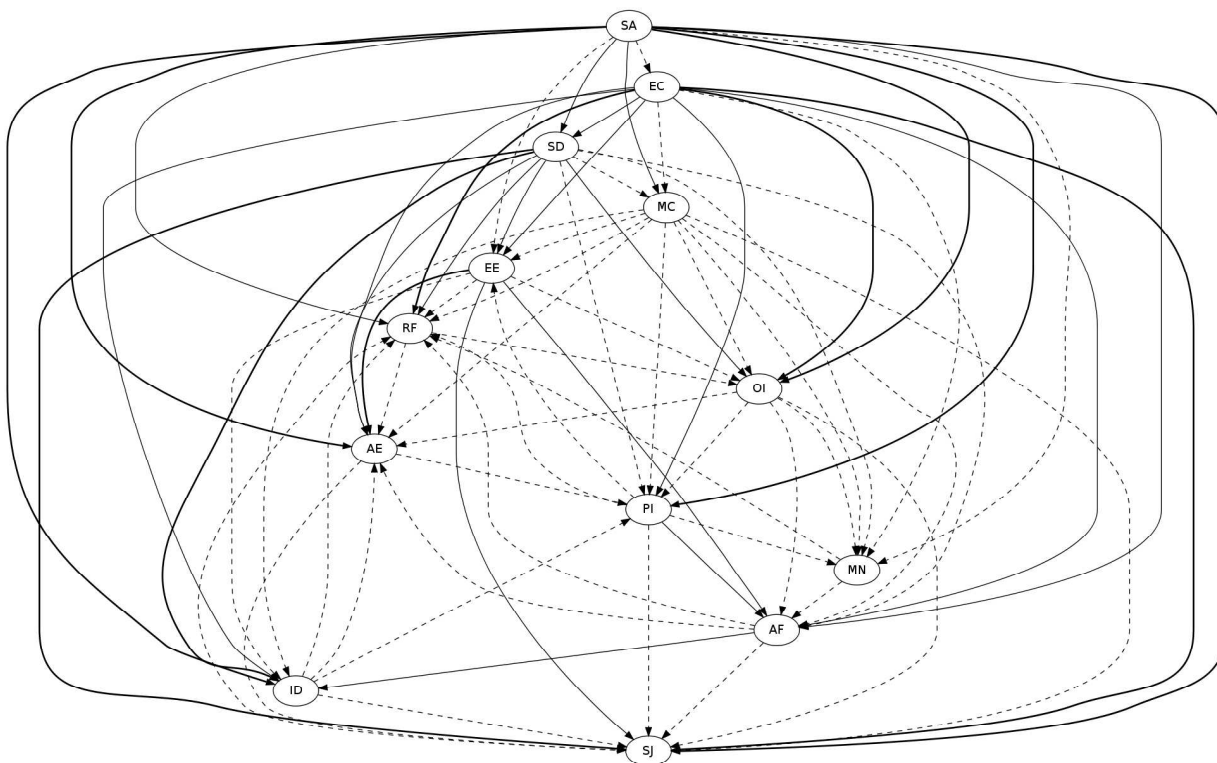
Rys. 3. Mapa całkowitego wpływu czynników dla zagadnienia przyczyn awarii

W podobny sposób przeprowadzono także analizę przyczyn opóźnień w realizacji strategicznej inwestycji, której poświęcono osobne opracowanie (Dytczak i in., 2011b).

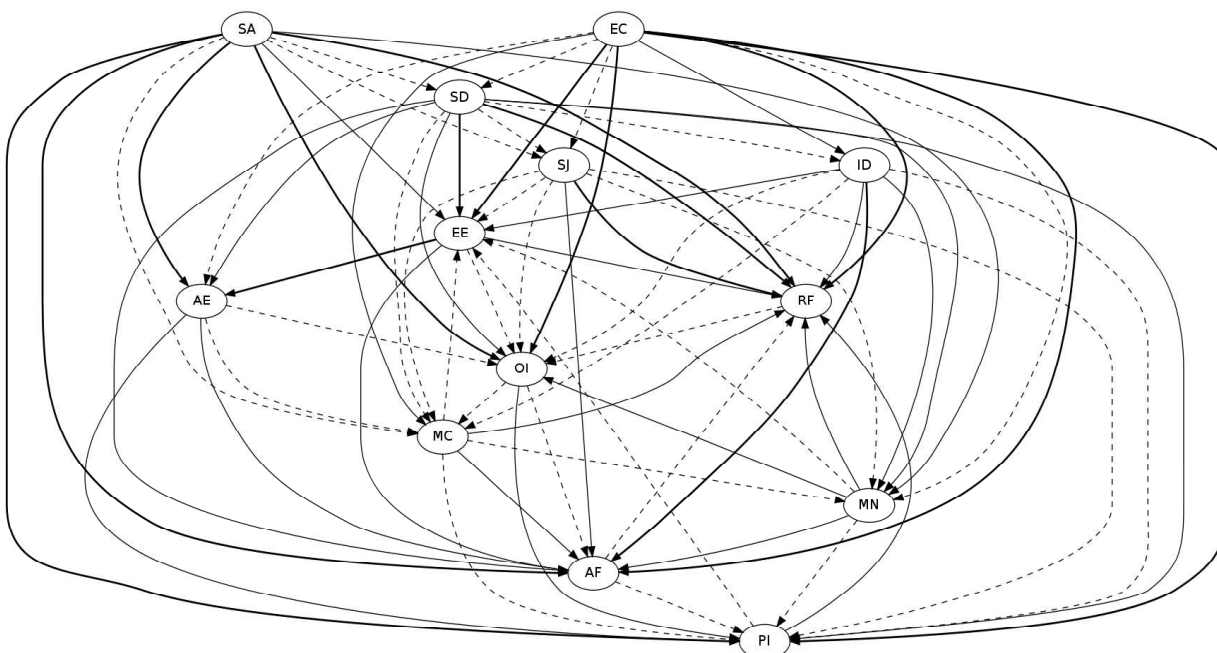
Poniżej omówiono natomiast bardziej szczegółowo przypadek zastosowania DEMATELa, do identyfikacji

roli czynników kształtowania polityki remontowej spółdzielni mieszkaniowej (Dytczak i Ginda, 2009). Jest on ciekawy ze względu na wielowymiarowy charakter i wykorzystuje analizę wrażliwości, związaną z wpływem kontekstu wpływu 2 aspektów oceny: ekonomicznego oraz społecznego. Rozważono przy tym następujące czynniki: oczekiwane korzyści ekonomiczne (EE), bezpieczeństwo użytkowników budynków (SA), wymaganą ilość środków finansowych (RF), dostępną ilość środków finansowych (AF), przeciwdziałanie degradacji zasobów spółdzielni (SD), potrzeby

modernizacji (MN) i uzupełniania braków (MC), oczekiwany wzrost oszczędności energii (EC), efekty poprzednich zabiegów (PI), potrzeba poprawy estetyki budynków i ich otoczenia (AE), organizacja działań (OI), żądania użytkowników budynków (ID) oraz zasady sprawiedliwości społecznej (SJ). Bezpośredni wpływ zmierzono dzięki użyciu skali ocen o $N = 3$. Wynikające stąd postaci grafów bezpośredniego wpływu przedstawiono na rysunkach 4 i 5. Intensywność relacji ponownie zakodowano w nich przy użyciu zróżnicowanych krojów linii łuków.



Rys. 4. Graf bezpośredniego wpływu czynników (kontekst ekonomiczny)



Rys. 5. Graf bezpośredniego wpływu czynników (kontekst społeczny)

Analizę wrażliwości przeprowadzono dzięki zastosowaniu sumacyjnej, linowej agregacji wartości wskaźników pozycji i relacji. Na podstawie zagregowanych wartości wskaźnika pozycji ustalono, że największą rolę w ustalaniu charakteru czynników odgrywają: oczekiwane efekty oszczędności energii EC, bezpieczeństwo użytkowników SA oraz przeciwdziałanie degradacji zasobów spółdzielni SD. Natomiast najbardziej skromną rolę odgrywają czynniki potrzeb modernizacji MN i uzupełniania braków MC.

Zagregowane wartości wskaźnika relacji pozwoliły na wyróżnienie trzech grup czynników: kluczowych, przeciętne oraz mało znaczących dla kształtowania polityki remontowej. Czynniki kluczowymi okazały się przy tym: bezpieczeństwo użytkowników SA, oczekiwane oszczędności energii EC oraz przeciwdziałanie degradacji zasobów SD. Grupę przeciętnie znaczących czynników tworzą: potrzeby uzupełniania braków MC, żądania użytkowników budynków ID, spodziewane efekty ekonomiczne EE, potrzeby modernizacji MN oraz zasady sprawiedliwości społecznej SJ. Pozostałe czynniki można uznać jako zdecydowanie najmniej ważne.

Inspiracji odnośnie możliwości zastosowania DEMATELA w budownictwie w roli narzędzia analizy przyczynowo-skutkowej mogą także dostarczyć przeglądy zastosowań w innych dziedzinach działalności człowieka (Dytczak i Ginda, 2009; Dytczak, 2010). Wynika z nich, że możliwe jest zastosowanie metody w tym kontekście do modelowania i rozwiązywania zagadnień związanych z zarządzaniem zasobami ludzkimi (ocena i dobór kadr), problematyką społeczno-gospodarczą (identyfikacji pożądaných i odbioru cech produktów oferowanych przez budownictwo), środowiskową (ustalenie stopnia oddziaływania budownictwa na otoczenie), oceną dostępnej informacji i procesem wspomagania zarządzania wiedzą, zarządzaniem zasobami przedsiębiorstwa z uwzględnieniem zasobów trudno mierzalnych, identyfikacji optymalnego systemu zarządzania przedsiębiorstwem oraz zagrożeń i szans jego rozwoju, określania kluczowych czynników bezpieczeństwa w przedsiębiorstwie i w trakcie wykonywania robót.

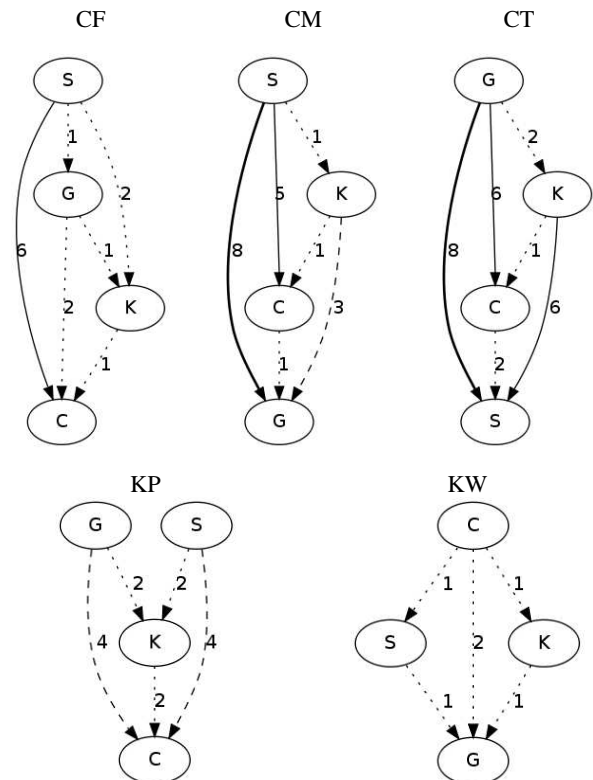
3.3. Zastosowania w roli narzędzia wielokryterialnej analizy decyzji

Wiele przykładów zastosowania DEMATELA jako narzędzia wielokryterialnej analizy decyzji można znaleźć w pracy (Dytczak, 2010). Obejmują one przede wszystkim zastosowania metody jako składnika zintegrowanego podejścia, obejmującego także 3 inne metody (AHP/ANP, unitaryzację zerowaną, taksonomię numeryczną wrocławską). Wykorzystano przy tym możliwość stosowania jednolitych zbiorów danych o zagwarantowanej (zgodnie z wymaganiami metody AHP/ANP) wewnętrznej spójności (Dytczak i Ginda, 2010a). Użycie DEMATELA w podejściu zintegrowanym nie wyklucza jednak jego samodzielnego zastosowania w celu rozwiązywania podobnych problemów.

W pracy (Dytczak, 2010) ujęto zastosowanie metody w kontekście wielokryterialnej oceny do:

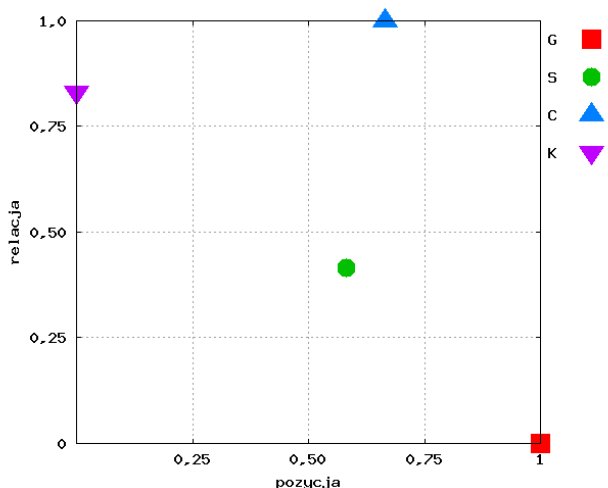
1. Wyboru najlepszego wariantu (materiałowego wariantu technologii budowy, prefabrykacji drobnowymiarowej, rozwiązania projektowego budynku wielorodzinnego, oferty przetargowej potencjalnych wykonawców).
2. Szacowania wartości nieruchomości.

Zastosowanie DEMATELA w roli narzędzia wielokryterialnej analizy decyzji zilustrowano na przykładzie zagadnienia wyboru wariantu materiałowego systemu prefabrykacji drobnowymiarowej w budownictwie, przedstawionego w pracy (Dytczak, 2010). Rozpatrzono przy tym 4 warianty materiałowe: beton komórkowy G, silikat S, ceramikę poryzowaną C oraz keramzytobeton K. Oceniono je pod względem 5 kryteriów: cech fizycznych CF (0,040), mechanicznych CM (0,306), technologiczności CT (0,149), projektowych KP (0,072) oraz jednostkowego kosztu realizacji konstrukcji ściany KW (0,433). Wartości podane w nawiasach odpowiadają znormalizowanym wagom, wyrażającym znaczenie poszczególnych kryteriów, ustalonym dzięki użyciu AHP/ANP. Intensywność relacji bezpośredniego wpływu wyznaczono dzięki zastosowaniu skali ocen o $N = 8$. Dokonano tego na podstawie całościowej analizy cech poszczególnych wariantów materiałowych. Grafy bezpośredniego wpływu, otrzymane dla poszczególnych kryteriów przedstawia rysunku 6. Wagi i krój linii łuków grafów oznaczają intensywność relacji bezpośredniego wpływu.



Rys. 6. Grafy bezpośredniego wpływu czynników w kontekście poszczególnych kryteriów

Na rysunku 7 przedstawiono wykres ważonych wartości wskaźników pozycji i relacji otrzymanych dla poszczególnych wariantów materiałowych prefabrykowanego systemu drobnowymiarowego. Ważone wartości wskaźników otrzymano na podstawie liniowej, ważonej, formuły agregacyjnej łączącej wartości wskaźników, wyznaczone w kontekście poszczególnych kryteriów.



Rys. 7. Wykres wartości wskaźników otrzymanych dla całkowitego wpływu systemów prefabrykacji

Wartości wskaźnika pozycji wskazują na czołową rolę wariantu systemu wykorzystującego beton komórkowy w procesie ustalania rankingu wariantów. Udział wariantu keramzytobetonowego w tym procesie jest minimalny, natomiast pozostałych wariantów raczej przeciętny.

Wartości wskaźnika relacji wskazują na to, że najlepszym wariantem jest system wykorzystujący ceramikę poryzowaną C. Nieco od niego gorszym jest system keramzytobetonowy K. Zdecydowanie najgorszy okazuje się system wykorzystujący beton komórkowy.

Zasygnalizowane w literaturze rozwiązania (Dytczak i Ginda, 2010b) wskazują także na możliwość łatwej adaptacji wielokryterialnego wariantu DEMATELA do badania konkurencyjności np. przedsiębiorstw budowlanych.

4. Podsumowanie

Metoda DEMATEL stanowi ciekawe narzędzie wspomaganie decyzji. O jego jakości świadczy coraz większe zainteresowanie nim w krajach o wysoko rozwiniętej kulturze wspomaganie decyzji oraz jego dynamiczny rozwój. Podstawowymi zaletami metody są: prostota wykorzystywanego, czytelny mechanizm obliczeniowego, możliwość uwzględniania wpływu czynników o zróżnicowanej (zarówno łatwo, jak i trudno mierzalnej naturze) oraz otwartość, wykorzystywana przy jej rozwoju.

Metoda jest przede wszystkim przeznaczona do identyfikacji roli czynników w ramach łańcucha przyczynowo-skutkowego. Została on także przystosowany do wykorzystania w roli narzędzia analizy

zagadnień wielokryterialnej oceny decyzji. Ponieważ jeden i drugi rodzaj zagadnień decyzyjnych występuje w budownictwie, naturalne i celowe wydaje się zainteresowanie DEMATELem w budownictwie.

Literatura

- Dytczak M. (2008). Równoległe zastosowanie metod AHP i DEMATEL w wielokryterialnej ocenie decyzji. W: *Komputerowo zintegrowane zarządzanie*. T.I. Knosala R. (red.). OW PTZP, Opole, 249-257.
- Dytczak M. (2010). Wybrane metody rozwiązywania wielokryterialnych problemów decyzyjnych w budownictwie. *Politechnika Opolska*, Opole.
- Dytczak M., Ginda G. (2009). Identyfikacja potencjalnych źródeł problemów we wdrażaniu oprogramowania. W: *Zastosowanie technologii informatycznych w zarządzaniu wiedzą*. Orłowski C., Kowalczyk Z., Szczerbicki E. (red.). PWNT, Gdańsk, 189-196.
- Dytczak M., Ginda G. (2010a). Common input data structure for multiple MADA methods application for objects evaluation in civil engineering. W: *Proc. of the 10th International Conference „Modern Building Materials, Structures and Techniques”*. Lithuania 2010. Selected Papers. Vol. I, Vaianiūnas P., Zavadskas E.K. (Eds.). TECHNIKA, Vilnius, 399-402.
- Dytczak M., Ginda G. (2010b). Zastosowanie wybranych metod MCDA w badaniach konkurencyjności regionów. W: *Zarządzanie rozwojem regionu – wymiar społeczny, gospodarczy i środowiskowy*. Malik K. (red.). Politechnika Opolska, Opole, 289-314.
- Dytczak M., Ginda G., Wojtkiewicz T. (2011a). Analiza związków przyczynowo-skutkowych w awarii konstrukcji przekrycia zbiornika. W: *Materiały XXV Konferencji Naukowo-Technicznej „Awaryje budowlane”*. Szczecin-Międzyzdroje 2011.
- Dytczak M., Ginda G., Wojtkiewicz T. (2011b). Identyfikacja roli czynników opóźnień realizacji złożonych przedsięwzięć budowlanych. W: *Materiały Konferencji Naukowo-Technicznej „Inżynieria przedsięwzięć budowlanych”*. Białystok-Augustów-Wilno 2011.
- Gabus A., Fontela E. (1972). World Problems an Invitation to Further Thought within the Framework of DEMATEL. *Battelle Geneva Research Centre*, Switzerland Geneva.
- Saaty T.L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*, McGraw-Hill, New York.

APPLICATION POTENTIAL OF DEMATEL METHOD AND ITS EXTENSIONS FOR ANALYSIS OF DECISION PROBLEMS IN CIVIL ENGINEERING

Abstract: Decision Making Trial and Evaluation Laboratory (DEMATEL) is robust universal analysis tool for identification of cause-effect relationships. It is well suited for including both tangible and intangible factors. Vital extensions introduced into the method make it possible to utilise it as the multi-criteria decision analysis tool. Despite of undoubtedly interesting features, applications of DEMATEL in civil engineering are rather rare. Possibility of wider application of the method with regard to decision problems in civil engineering is discussed in the paper. Presented examples of applications prove usefulness of the method