

TECHNIKI NEURONAUKI POZNAWCZEJ W SYSTEMACH WSPOMAGANIA DECYZJI

ANNA BORAWSKA¹

Uniwersytet Szczeciński
Wydział Nauk Ekonomicznych i Zarządzania
¹ e-mail: anborawska@gmail.com

SŁOWA KLUCZOWE

systemy wspomaganie decyzji, SWD, neuronauka poznawcza

STRESZCZENIE

Systemy wspomaganie decyzji (SWD) w praktyce zarządzania nie są niczym nowym. Początek ich stosowania datuje się na połowę zeszłego wieku, ale w procesie ich rozwoju znacznie poszerzył się zestaw metod, które są wykorzystywane, aby ułatwić decydom dokonywanie wyborów. Metodologia wspomaganie decyzji opiera się przede wszystkim na logicznym wnioskowaniu oraz racjonalnych przesłankach ich podejmowania. Najnowsze badania interdyscyplinarne, prowadzone pod szyldem neuronauki poznawczej, pokazują jednakże, że bardzo istotne przy podejmowaniu decyzji są czynniki behawioralne i emocjonalne. Niestety, współczesne systemy wspomaganie decyzji nie uwzględniają w wystarczającym stopniu tych aspektów. Zastosowanie technik neuronauki wydaje się jednak bardzo obiecującym kierunkiem rozwoju SWD. Celem artykułu jest analiza możliwości, jakie niesie ze sobą wykorzystanie narzędzi neuronaukowych w ramach systemów wspomaganie decyzji, i wskazanie potencjalnych korzyści wpływających z uwzględnienia pozaracjonalnych determinant dokonywanych wyborów w procesie decyzyjnym.

Wprowadzenie

Zachowanie przewagi konkurencyjnej wymaga od organizacji szybkiego i efektywnego rozwiązywania pojawiających się problemów poprzez podejmowanie właściwych decyzji. Jednak bardzo często decyzje podejmowane są bez możliwości odpowiedniego zgłębienia problemu oraz zebrania wystarczających informacji. Konsekwencją takich sytuacji są nierzadko decyzje błędne lub podjęte zbyt późno. Aby zminimalizować ryzyko wystąpienia wspomnianych oko-

liczności, korzysta się z narzędzi wspomagających decydentów – najczęściej w formie systemów wspomagania decyzji (ang. *Decision Support Systems* – DSS). Systemy te mają na celu wsparcie umiejętności i wiedzy osoby podejmującej decyzje poprzez dostarczanie potrzebnych informacji. Są to systemy skomputeryzowane, które mają za zadanie pomóc osobom podejmującym decyzje w odpowiednim wykorzystaniu technologii komunikacyjnych, danych, dokumentów, wiedzy oraz modeli, do zidentyfikowania i rozwiązania zaistniałych problemów oraz przeprowadzenia procesu zakończonego podjęciem właściwej decyzji (Power, 2000).

W ramach SWD stosuje się wiele różnych metod, przede wszystkim opartych na wykorzystaniu informacji pochodzących z samej organizacji lub jej otoczenia. Niedocenianym elementem w tych systemach pozostaje sam decydent i informacje (najczęściej nieuświadomione), jakie posiada. W klasycznej teorii podejmowania decyzji najczęściej zakłada się, że taka osoba charakteryzuje się całkowitą racjonalnością, która ma prowadzić do najlepszego, możliwego w danej sytuacji wyboru. Najnowsze badania interdyscyplinarne, prowadzone pod szyldem neuronauki poznawczej, pokazują jednakże, że bardzo istotne przy podejmowaniu decyzji są czynniki behawioralne i emocjonalne. Mają one znaczący wpływ na ostateczny wybór i często wymykają się poza wszelkie teoretyczne ramy. Niestety, współczesne systemy wspomagania decyzji nie uwzględniają jeszcze w szerszym zakresie wymienionych aspektów. Zastosowanie technik neuronauki wydaje się jednak bardzo obiecującym kierunkiem rozwoju tych narzędzi.

Celem artykułu jest analiza możliwości, jakie niesie ze sobą wykorzystanie narzędzi neuronaukowych w ramach systemów wspomagania decyzji i wskazanie potencjalnych korzyści z uwzględnienia pozaracjonalnych determinant dokonywanych wyborów w procesie decyzyjnym. W pierwszej części opracowania zawarto syntetyczną charakterystykę genezy i istoty systemów wspomagania decyzji. W drugiej przedstawiono techniki neuronauki poznawczej. W trzeciej części zaprezentowano możliwe zastosowania neuronauki w dziedzinie wspomagania decyzji.

Systemy wspomagania decyzji

Systemy wspomagania decyzji mogą być zdefiniowane jako komputerowe systemy podejmujące decyzje, które wspierają decydentów w rozwiązywaniu problemów przy użyciu danych i modeli analitycznych. Łączą one w sobie intelektualny potencjał ludzki ze sprawnością komputera w wykonywaniu obliczeń w celu poprawy jakości podejmowanych decyzji (Turban, Aronson, Liang, 2005). Definicje SWD różnią się od siebie. Niektóre z nich są bardzo restrykcyjne, jak np. definicja Gorry’ego, Mortona (1971) mówiąca, iż SWD to „interaktywny system komputerowy pomagający decydentom w wykorzystywaniu danych i modeli do rozwiązywania niestrukturalizowanych problemów”. Inne są zaś bardzo pojemne, jak definicja Sprague’a, Watsona (1989) przedstawiająca SWD jako „każdy system, który wnosi jakikolwiek wkład w podejmowanie decyzji”.

Systemy wspomagania decyzji pojawiły się pod koniec lat 60. XX wieku jako nowy rodzaj systemów informatycznych. Ich koncepcja wywodzi się z badań teoretycznych nad podej-

owaniem decyzji w organizacji, które były prowadzone w Carnegie Institute of Technology w latach 50. i 60. oraz prac technicznych związanych z tworzeniem interaktywnych systemów komputerowych prowadzonych na Massachusetts Institute of Technology (Keen, Morton, 1978). Od tego czasu, głównie dzięki rozwojowi komputerów i technik obliczeniowych, zarówno wykorzystanie, jak i technologiczne zaawansowanie systemów wspomagania decyzji znacznie się zwiększyło. Najważniejsze daty oraz osiągnięcia w rozwoju SWD zostały zestawione w tabeli 1.

Tabela 1. Rozwój systemów wspomagania decyzji

Rok	Wydarzenie
1962	Powstanie SAGE (ang. Semi-Automatic Ground Environment) – pierwszego komputerowego systemu wspomagania decyzji sterowanego za pomocą danych
1967	Praca doktorska Michaela S.S. Mortona dotycząca budowy, implementacji oraz testowania interaktywnego systemu decyzyjnego (Morton, 1967)
1969	Pierwsze eksperymentalne badanie wykorzystujące system decyzyjny wspomagany komputerowo (Ferguson, Jones, 1969)
1971	Pierwsze pojawienie się terminu „system wspomagania decyzji” w artykule naukowym (Gorry, Morton, 1971)
1974	Włączenie komputerowych systemów wspomagania decyzji w nurt badań nad systemami informacyjnymi (Davis, 1974)
1981	Pierwsza konferencja dotycząca SWD (International Conference on Decision Support System, Atlanta, USA)
1981–1982	Opracowanie nowej kategorii oprogramowania SWD wspierającego grupowe podejmowanie decyzji (Gray, 1981; Huber, 1982; Turoff, Hiltz, 1982)
1989	Utworzenie pierwszego stowarzyszenia zrzeszającego badaczy z dziedziny SWD – International Society for Decision Support Systems (ISDSS)
1997	Wprowadzenie do SWD technologii hurtowni danych oraz OLAP (Dhar, Stein, 1997)
2003	Propozycja kognitywnego systemu wspomagania opartego na mentalnym modelu podejmowania decyzji (Chen, Lee, 2003)

Źródło: opracowanie własne na podstawie Power (2003).

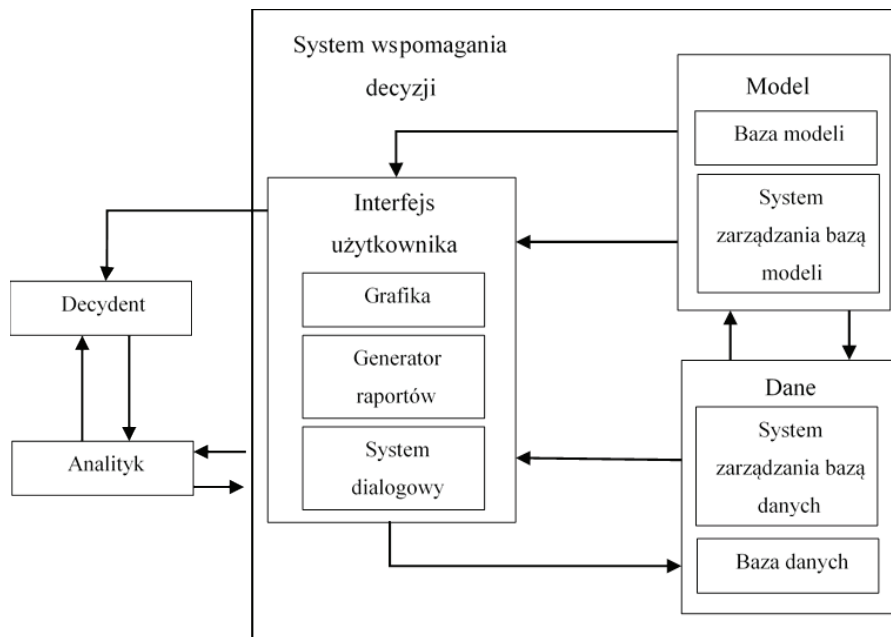
Istnieją dwa różne podejścia do wspomagania decyzji (Druzdzel, Flynn, 2010). Pierwsze z nich skupia się na tworzeniu procedur i systemów, które imitują ekspertów danej dziedziny. Wśród narzędzi tej klasy wyróżnia się najczęściej systemy ekspertowe, czyli programy komputerowe oparte na regułach uzyskanych od ekspertów. Są one bardzo elastyczne i często rozwiązują złożone problemy decyzyjne, ale nie zapewniają formalnych gwarancji co do teoretycznej wiarygodności prezentowanych przez nie wyników (Henrion, Bresse, Horvitz, 1991). Z tego powodu większą popularność zyskuje drugie podejście do wspomagania decyzji opierające się na stwierdzeniu, że najlepszą metodą radzenia sobie ze złożonymi decyzjami jest posłużenie się niewielkim zbiorem rozsądnych zasad normatywnych dotyczących przebiegu procesu decyzyjnego. Systemy opierające się na tym założeniu są szczególnie przydatne w sytuacjach, w których ilość dostępnych informacji jest zbyt duża dla ograniczonej percepcji decydenta. Normatywne systemy wspomagania decyzji oferują teoretycznie poprawny sposób radzenia sobie z niepewnością oraz preferencjami w problemach decyzyjnych (Druzdzel, Flynn, 2010).

W zależności od ich zastosowania systemy SWD mogą się znacznie różnić od siebie, ale posiadają pewne cechy, które są wspólne. Należą do nich takie właściwości, jak (Geoffrion, 1983):

- asystowanie użytkownikom w podejmowanych decyzjach w elastyczny i interaktywny sposób, rozwiązywanie problemów wszystkich klas, również źle skonstruowanych,
- posiadanie przyjaznego użytkownikowi interfejsu,
- posiadanie silnika odpowiedzialnego za analizę danych i modelowanie.

Oprócz wyżej wymienionych cech w tradycyjnych systemach wspomaganie decyzji można wyodrębnić trzy główne komponenty: a) zarządzania danymi, b) zarządzania modelami i c) zarządzania dialogiem/interfejsem (Sage, 1991). Ogólną architekturę takiego systemu przedstawiono na rysunku 1.

Obecnie w wielu dyscyplinach naukowych można znaleźć podstawy merytoryczne do dalszego rozwoju systemów wspomaganie decyzji. Naukowcy zajmujący się bazami danych dostarczają narzędzi i wyników badań dotyczących zarządzania danymi i dokumentami. Nauki o zarządzaniu oraz badania operacyjne dają podstawy do tworzenia modeli matematycznych umożliwiających rozwiązywanie problemów. Wreszcie neuronauka poznawcza, a w szczególności wyniki eksperymentów dotyczących behawioralnych podstaw podejmowania decyzji realizowanych z użyciem jej technik dostarczają opisowych oraz empirycznych informacji, które wspierają projektowanie i badanie systemów wspomaganie decyzji (Power, 2000). Wybrane techniki neuronauki poznawczej, które mogą przyczynić się do stworzenia doskonalszych systemów wspomaganie decyzji, zostały przedstawione w kolejnym punkcie.



Rysunek 1. Architektura systemu wspomaganie decyzji

Źródło: Owoola (2002).

Techniki neuronauki poznawczej

Potencjał neuronauki poznawczej wynika przede wszystkim z rozwoju technologii pomiaru aktywności mózgu (takich jak funkcjonalny rezonans magnetyczny) oraz dostosowywania starszych technologii (m.in. *eyetracking* czy elektroencefalografia) do nowych zastosowań (Camerer, 2007). Powszechnie używane techniki neuronauki poznawczej można podzielić na cztery główne grupy (Zaleśkiewicz, 2008):

- techniki neuroobrazowania mózgu,
- techniki psychofizjologiczne,
- badanie pojedynczych komórek nerwowych,
- techniki neuropsychologiczne (badanie pacjentów neurologicznych).

W badaniach niezwiązanych z medycyną stosuje się przede wszystkim techniki neuroobrazowania oraz psychofizjologiczne. W dalszej części artykułu zostaną one omówione bardziej szczegółowo.

Techniki neuroobrazowania mózgu

Neuroobrazowanie związane jest z grupą metod badawczych służących do badania struktury i funkcji mózgu. Wśród nich znajdują się techniki elektro- i magnetofizjologiczne, badające elektryczną oraz magnetyczną aktywność neuronów oraz metody tomograficzne, w których wnioskuje się o aktywności neuronalnej w sposób pośredni (Jaśkowski, 2009). Najczęściej wykorzystywane metody to elektroencefalografia (EEG) oraz funkcjonalny rezonans magnetyczny (ang. *functional magnetic resonance imaging* – fMRI). Spotyka się również zastosowania funkcjonalnej spektroskopii odbiciowej w bliskiej podczerwieni (ang. *functional near-infrared spectroscopy* – fNIRS).

EEG skupia się na pomiarze elektrycznej aktywności mózgu rejestrowanej za pomocą elektrod umieszczonych na skórze głowy w określonych miejscach (Purves i in., 2013). Ze względu na jej bardzo dobrą rozdzielczość czasową metodę tę stosuje się zwykle do badania zmian aktywności mózgu w czasie i analizowania reakcji na bodźce zewnętrzne (Zaleśkiewicz, 2008). Przy rejestracji sygnałów stosuje się dwa różne podejścia – jedno skupia się na regularnych oscylacjach elektrycznego potencjału w mózgu w trakcie jego określonej aktywności, drugie natomiast na tzw. potencjałach wywołanych (ang. *Event-Related Potentials* – ERP) związanych z wystąpieniem pewnych, z góry określonych, bodźców (Ruff, Huettel, 2014). Elektroencefalografia nie posiada jednak wystarczającej rozdzielczości przestrzennej, aby określić, które dokładnie obszary mózgu aktywują się podczas podejmowania i wykonywania określonych zadań. W takich sytuacjach lepiej sprawdza się fMRI. Z jego pomocą można stwierdzić, ile tlenu dostarczono do poszczególnych części mózgu i na tej podstawie wnioskować o ich aktywności – im więcej tlenu, tym bardziej aktywny jest dany obszar (Purves i in., 2004). Na podobnej zasadzie działa również spektroskopia w bliskiej podczerwieni. Pod względem rozdzielczości czasowej jest to metoda zbliżona do EEG, pozwala jednak na badanie struktur mózgu, które znajdują się głębiej niż na samej powierzchni kory mózgowej (Shimokawa, Kinoshita, Miyagawa, Misawa, 2012).

Techniki psychofizjologiczne

Techniki z tej grupy opierają się na korelacji funkcji umysłowych z doznaniem fizjologicznymi (Zaleśkiewicz, 2008). Najczęściej wykorzystywane są, zwłaszcza w eksperymentach dotyczących wpływu emocji na działania oraz funkcje poznawcze badanych (por. Bechara, Damasio, 2005; Dulleck, Ristl, Schaffner, Torgler, 2011; Vecchiato i in., 2014), pomiary reakcji skórno-galwanicznej (ang. *galvanic skin response* – GSR) oraz tętna (ang. *heart rate* – HR). Powodem ich popularności jest stosunkowo prosta rejestracja i interpretacja sygnałów.

Mierzenie GSR polega na wykrywaniu zmian elektrycznych na powierzchni skóry (Dawson, Schell, Filion, 2007) i jest najczęściej dokonywane na skórze dłoni (palców). Pomiar tętna przeprowadzany jest na nadgarstku lewej ręki lub na klatce piersiowej – rejestrowana jest częstotliwość uderzeń serca w ciągu minuty (Dulleck, Schaffner, Torgler, 2014). Główną zaletą obu tych metod jest ich niski koszt i łatwość zastosowania (Dimoka i in., 2012).

W dalszej części artykułu przedstawione zostaną najpopularniejsze kierunki badań w ramach wykorzystania opisanych wcześniej metod w systemach wspomaganie decyzji.

Wykorzystanie technik neuronauki poznawczej w systemach wspomaganie decyzji

Neuro nauka poznawcza i badania prowadzone pod jej szyldem przyczyniają się do lepszego zrozumienia zjawiska podejmowania decyzji, a także do udoskonalenia dostępnych systemów wspomaganie decyzji. Na podstawie analizy literatury dostępnej w tym temacie można przyjąć, że techniki i metody neuronauki mogą zostać wykorzystane przy:

- projektowaniu SWD w ramach tworzenia interfejsu graficznego oraz zapewnienia łatwości korzystania,
- dostarczaniu danych do modelowania procesu decyzyjnego,
- bezpośrednim wspomaganie procesu decyzyjnego.

Pierwsza grupa zastosowań jest najbardziej rozpowszechniona i wpisuje się w szeroko zakrojone i rozpropagowane badania ukrytych preferencji społecznych, których nie można wydożyć od użytkowników za pomocą klasycznych metod kwestionariuszowych, gdyż są w znacznej części nieuświadomione. Uznaje się również, że dane pozyskane w taki sposób są bardziej odporne na wszelkiego rodzaju subiektywne czy społeczne uprzedzenia, jakie mogą się pojawić wśród użytkowników (Dimoka, Pavlou, Davis, 2011). Powoduje to, że uwzględnienie wyników pozyskanych za pomocą technik neuronauki może znacznie poprawić dopasowanie systemów wspomaganie decyzji do percepcji oraz sposobu przetwarzania informacji przez ich użytkowników. Dzięki nim możliwe jest wzięcie pod uwagę automatycznych oraz emocjonalnych procesów zachodzących się w mózgu oraz zmierzenie wysiłku umysłowego wkładanego w korzystanie z systemów wspomaganie decyzji i prowadzenie tym samym prac projektowych mających na celu minimalizację tego wysiłku (Vom Brocke, Riedl, Léger, 2013).

Jak wspomniano wcześniej, zastosowanie technik neuronauki poznawczej pozwala na zebranie danych, które nie byłyby dostępne przy wykorzystaniu innych metod. Uzyskane w taki sposób informacje są wobec tego bardzo cenne i mogą zostać zastosowane w tworzeniu modeli

procesu decyzyjnego, które odzwierciedlają rzeczywiste mechanizmy dokonywania wyborów. W tym kontekście rejestracje sygnałów psychofizjologicznych dokonane za pomocą technik, takich jak EEG, fMRI czy GSR, mogą dostarczać danych do nowej generacji systemów wspomagania decyzji określanych jako kognitywne. Opierają się one na mentalnych modelach decydentów. Psychofizjologiczne dane pozwalają w tego rodzaju systemach na udoskonalenie wykorzystywanych modeli poprzez uwzględnienie m.in. informacji na temat kognitywnych uprzedzeń związanych z procesem podejmowania decyzji (Niu, Lu, Zhang, 2009).

Ze wskazanych kierunków zastosowania technik neuronauki poznawczej w ramach SWD najciekawszy i najbardziej obiecujący wydaje się trzeci z nich – bezpośrednio wykorzystanie omawianych metod we wspomaganiu procesu decyzyjnego. Nie jest to jeszcze bardzo rozpowszechnione podejście, ale zaczyna się to powoli zmieniać. Podejmuje się już próby wykorzystania pomiarów sygnałów psychofizjologicznych w czasie rzeczywistym w ramach dostępnych lub projektowanych systemów wspomagania decyzji. Zebrane w taki sposób dane są wykorzystywane do monitorowania, oceny oraz modyfikacji stanów emocjonalnych decydentów. Przykładowe badania w tym zakresie zostały przeprowadzone przy użyciu systemu wspomagania decyzji finansowych, w którym integralnym modułem jest system biologicznej informacji zwrotnej działający w czasie rzeczywistym (ang. *Live Biofeedback* – LBF) (Lux, Hawlitschek, Adam, Pfeiffer, 2015). Pozwala on na wizualizację stanu emocjonalnego osoby podejmującej decyzję za pomocą kolorowej skali podekscytowania. Informacja tego rodzaju, pozyskana z wykorzystaniem pomiarów reakcji skórno-galwanicznej, pozwala na zwiększoną świadomość użytkowników systemu co do ich stanu emocjonalnego i umożliwia im większą kontrolę nad odczuwanymi emocjami.

W podobnym kontekście – do poprawiania wyników inwestycyjnych – stosuje się też pomiary sygnałów mózgowych za pomocą funkcjonalnej spektroskopii odbiciowej w bliskiej podczerwieni (Shimokawa i in., 2012). Wspomaganie procesu decyzyjnego w odniesieniu do określenia optymalnej wartości inwestycji jest możliwe ze względu na przyjętą w teorii finansowej hipotezę efektywnego rynku. Zgodnie z jej brzmieniem, wyniki inwestycyjne powyżej średniej nie mogą zostać uzyskane bez zastosowania pewnej formy ustalania priorytetów informacji. Prowadzone badania wskazują, że rejestrowane sygnały mózgowie mogą wspomóc ten proces priorytetyzacji. Efektywność inwestycji może zostać zwiększona w tym przypadku przez wzięcie pod uwagę intuicji oraz emocji inwestorów – zwłaszcza gdy mają oni już pewne doświadczenie inwestycyjne.

Omawiane systemy, które wykorzystują techniki neuronauki poznawczej do bezpośredniego wspomagania decyzji, dotyczą aspektów finansowych i inwestycyjnych. Jest to najbardziej powszechne i oczywiste zastosowanie, gdyż neurologiczne i fizjologiczne determinanty tego rodzaju decyzji zostały już bardzo dobrze przebadane i poznane. Nie wyczerpuje to jednak wszystkich możliwości. Równie przydatne mogłoby być użycie zdobyczy neuronauki poznawczej w kontekście decyzji menedżerskich, które nie ograniczają się jedynie do finansów, ale obejmują znacznie szerszy zakres, w jakim dokonywane są wybory. Badania nad tego rodzaju SWD prowadzone są na Wydziale Nauk Ekonomicznych i Zarządzania Uniwersytetu Szczecińskiego w Laboratorium Neuronauki Poznawczej. Wstępne wyniki prowadzonych eksperymentów w tym obszarze pozwalają przypuszczać, że możliwe będzie przedstawienie w pełni funk-

cjonalnego systemu, który wspomogę proces decyzyjny menedżerów (Alsakaa, Łatuszyńska, Łatuszyńska, Borawski, Nermend, 2015).

Podsumowanie

W ostatnich latach neuronauka poznawcza i opracowane na jej potrzeby techniki pojawiły się niemal we wszystkich dziedzinach nauki. Spektrum ich zastosowań jest bardzo szerokie, ale nie wszystkie możliwości, jakie oferują, są już powszechnie wykorzystywane. W zakresie wspomaganie decyzji prowadzi się głównie badania mające na celu zgłębienie przebiegu procesu decyzyjnego oraz wyodrębnienie struktur mózgu odpowiedzialnych za dokonywanie wyborów oraz schematów ich aktywacji. Wiedza na ten temat jest niezbędna, aby w odpowiedni sposób można było zastosować techniki neuronauki poznawczej w systemach wspomaganie decyzji. Przedstawione w artykule możliwości wykorzystania omówionych technik skupiają się na obecnie przeprowadzanych badaniach. Potencjał badawczy w tej dziedzinie jest jednak o wiele większy i może prowadzić do stworzenia całkiem nowej generacji SWD, która będzie umożliwiała podejmowanie bardziej trafnych decyzji – niezależnie od obszarów, jakich dotyczy.

Literatura

- Alsakaa, A., Łatuszyńska, A., Łatuszyńska, M., Borawski, M., Nermend, K. (2015). Wspomaganie decyzji menedżerskich z wykorzystaniem technik neuronauki poznawczej. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach*, 243, 11–24.
- Bechara, A., Damasio, A.R. (2005). The somatic marker hypothesis: A neural theory of economic decision. *Games and Economic Behavior*, 52, 336–372.
- Camerer, C.F. (2007). Neuroeconomics: Using neuroscience to make economic predictions. *Economic Journal*, 117 (519), C26–C42.
- Chen, J.Q., Lee, S.M. (2003). An exploratory cognitive DSS for strategic decision making. *Decision support systems*, 36, 147–160.
- Davis, G. (1974). *Management Information Systems: Conceptual Foundations, Structure, and Development*. New York: McGraw-Hill.
- Dawson, M.E., Schell, A.M., Fillion, D.L. (2007). The Electrodermal System. W: J.T. Cacioppo, L.G. Tassinari, G. Bernston (red.), *Handbook of Psychophysiology*, s. 159–181, Cambridge: Cambridge University Press.
- Dhar, V., Stein, R. (1997). *Intelligent Decision Support Methods: The Science of Knowledge*. New York: Prentice Hall.
- Dimoka, A., Pavlou, P.A., Davis, F.D. (2011). NeuroIS: The Potential of Cognitive Neuroscience for Information Systems Research. *Information Systems Research*, 4 (22), 687–702.
- Dimoka, A., Banker, R.D., Benbasat, I., Davis, F.D., Dennis, A.R., Gefen, D., Gupta, A., Ischebeck, A., Kenning, P., Müller-Putz, G., Pavlou, P.A., Riedl, R., vom Brocke, J., Weber, B. (2012). On the Use of Neurophysiological Tools in IS Research: Developing a Research Agenda for NeuroIS. *MIS Quarterly*, 3, 679–702.
- Druzdzel, M.J., Flynn, R.R. (2010). Decision Support Systems. W: M.J. Bates, M.N. Maack (red.), *Encyclopedia of Library and Information Science*, s. 1458–1467. New York: Taylor & Francis.
- Dulleck, U., Ristl, A., Schaffner, M., Torgler, B. (2011). Heart rate variability, the autonomic nervous system, and neuroeconomic experiments. *Journal of Neuroscience, Psychology, and Economics*, 4 (2), 117–124.

- Dulleck, U., Schaffner, M., Torgler, B. (2014). Heartbeat and economic decisions: observing mental stress among proposers and responders in the ultimatum bargaining game. *PLoS ONE*, 9 (9), 1–9.
- Ferguson, R.L., Jones, C.H. (1969). A Computer Aided Decision System. *Management Science*, 15 (10), B550–B562.
- Geoffrion, A.M. (1983). Can OR/MS evolve fast enough. *Interfaces*, 13, 10–25.
- Gorry, A., Morton, M.S.S. (1971). A framework for information systems. *Sloan Management Review*, 13, 55–70.
- Gray, P. (1981). The SMU decision room project. *Transactions of the 1st International Conference on Decision Support Systems*, 122–129.
- Henrion, M., Breese, J.S., Horvitz, E.J. (1991). Decision Analysis and Expert Systems. *AI Magazine*, 12 (4), 64–91.
- Huber, G.P. (1982). Group decision support systems as aids in the use of structured group management techniques. *Transactions of the 2nd International Conference on Decision Support Systems*, 96–103.
- Jaśkowski, P. (2009). *Neuronauka poznawcza. Jak mózg tworzy umysł*. Warszawa: Vizja Press & IT.
- Keen, P.G.W., Morton, M.S.S. (1978). *Decision Support Systems: An Organizational Perspective*. Reading: Addison-Wesley.
- Morton, M.S.S. (1967). *Computer-Driven Visual Display Devices – Their Impact on the Management Decision-Making Process (praca doktorska)*. Harvard Business School.
- Niu, L., Lu, J., Zhang, G. (2009). *Cognition-Driven Decision Support for Business Intelligence*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
- Lux, E., Hawlitschek, F., Adam, M.T.P., Pfeiffer, J. (2015). Using Live Biofeedback for Decision Support: Investigating Influences of Emotion Regulation in Financial Decision Making. *ECIS 2015 Research-in-Progress Papers*, 50, 1–12.
- Owoola, M.A. (2002). Between Policy & Practice: A Spatial Decision Support Systems-based Assessment of Facility Location Planning in Nigeria, Geospatial Theory. *Processing and Applications*, ISPRS Commission IV.
- Power, D.J. (2000). *Decision Support Systems Hyperbook*. Pobrano z: <http://dssresources.com/dssbook/> (28.11.2015).
- Power, D.J. (2003). *A brief history of decision support systems*. Pobrano z: <http://dssresources.com/history/dsshistory.html> (12.12.2015).
- Purves, D., Cabeza, R., Huettel, S.A., LaBar, K.S., Platt, M.L., Woldorff, M.G. (2013). *Principles of Cognitive Neuroscience*. Sunderland: Sinauer.
- Purves, D., Augustine, G.J., Fitzpatrick, D., Katz, L.C., LaMantia, A.S., McNamara, J.O. (2004). *Neuroscience*. Sunderland: Sinauer.
- Ruff, C.C., Huettel, S.A. (2014). Experimental Methods in Cognitive Neuroscience. W: P.W. Glimcher, E. Fehr (red.), *Neuroeconomics: Decision Making and the Brain*, s. 77–108. USA: Elsevier.
- Sage, A.P. (1991). *Decision Support Systems Engineering*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Shimokawa, T., Kinoshita, K., Miyagawa, K., Misawa, T. (2012). A brain information-aided intelligent investment system. *Decision Support Systems*, 54, 336–344.
- Sprague, R.H., Watson, H.J. (1989). *Decision Support Systems: Putting Theory into Practice*. London: Prentice-Hall International.
- Turban, E., Aronson, J.E., Liang, T.P. (2005). *Decision Support Systems and Intelligent Systems, 6th Edition*. New York: Prentice Hall.
- Turoff, M., Hiltz, S.R. (1982). Computer support for group versus individual decisions. *IEEE Transactions on Communications*, 30 (1), 82–90.
- Vecchiato, V., Maglione, A.G., Cherubino, P., Wasikowska, B., Wawrzyniak, A., Latuszynska, A., Latuszynska, M., Nermend, K., Graziani, I., Leucci, M. R., Trettel, A., Babiloni, F. (2014). Neurophysiological Tools to Investigate Consumer's Gender Differences during the Observation of TV Commercials. *Computational and Mathematical Methods in Medicine*, 2014.
- Vom Brocke, J., Riedl, R., Léger, P.M. (2013). Application Strategies for Neuroscience in Information Systems Design Science Research. *Journal of Computer Information Systems*, 53 (3), 1–13.
- Zaleśkiewicz, T. (2008). Neuroekonomia. *Decyzje*, 9, 29–56.

APPLICABILITY OF THE COGNITIVE NEUROSCIENCE TECHNIQUES IN DECISION SUPPORT SYSTEMS

KEYWORDS | decision support systems, DSS, cognitive neuroscience

ABSTRACT | Decision support systems (DSS) in management practice are nothing new. Their use dates back to the mid of the last century, but in the process of their development they have been greatly expanded with set of methods that are used to help policy makers to make choices. The methodology of decision support is based primarily on logical reasoning and reasonable grounds of their making. Recent interdisciplinary research, conducted under the name of cognitive neuroscience show, however, that very important factors in decision making process are also behavioural and emotional. Unfortunately, modern decision support systems do not sufficiently take into account these aspects. The use of neuroscience techniques seems to be a very promising direction in the development of the DSS. This article aims to analyse the possibilities offered by the use of neuroscience tools within the decision support systems and to identify potential benefits of taking into account non-rational determinants of the choices made in the decision making process.