

Politechnika Śląska
Wydział Organizacji i Zarządzania

Tomasz Gościński

PRACA DOKTORSKA

na temat

**WYKORZYSTANIE METOD SZTUCZNEJ INTELIGENCJI
W UTRZYMANIU SYSTEMÓW ICT
NADZORUJĄCYCH FUNKCJONOWANIE
WYBRANYCH SYSTEMÓW PRODUKCYJNYCH**

Promotor pracy:

dr hab. inż. Krzysztof Wodarski
prof. nzw. w Pol. Śl.

Promotor pomocniczy:

dr inż. Tomasz Szulc

Zabrze, 2017

Spis treści

Wprowadzenie.....	2
1 Badania dla opracowania modelu utrzymania systemów ICT w przedsiębiorstwie.....	5
1.1 Studium literatury przedmiotu.....	5
1.2 Studium przypadku.....	33
1.3 Model utrzymania systemów ICT.....	43
2 Sformułowanie problemu badawczego, celów i hipotez oraz modelu procesu badawczego.....	47
3 Badania dla określenia metody sztucznej inteligencji, którą można wykorzystać w podejmowaniu decyzji o ulepszaniu systemów ICT.....	52
3.1 Analiza sygnałów z procesu zarządzania incydentami dla wyboru metody sztucznej inteligencji.....	52
3.2 Charakterystyka sieci neuronowych jako wybranej metody sztucznej inteligencji.....	58
4 Badania dla określenia istotności i przydatności sygnałów decydujących o ulepszaniu systemów ICT w aspekcie możliwości ich wykorzystania przez wybraną metodę sztucznej inteligencji.....	80
4.1 Identyfikacja sygnałów istotnych w podejmowaniu decyzji o ulepszaniu systemów ICT.....	80
4.2 Analiza przydatności istotnych sygnałów dla zastosowania wybranej metody sztucznej inteligencji.....	89
5 Badania dla zebrania wiedzy eksperckiej w podejmowaniu decyzji o ulepszaniu systemów ICT.....	92
6 Implementacja wybranej metody sztucznej inteligencji do podejmowania decyzji o ulepszaniu systemów ICT.....	99
6.1 Budowa sieci neuronowej.....	99
6.2 Wykorzystanie sieci neuronowej w praktyce.....	114
6.3 Analiza wyników zastosowania metody sztucznej inteligencji oraz opracowanie rekomendacji dla jej wykorzystywania w praktyce.....	129
Podsumowanie.....	135
Spis literatury i materiałów źródłowych.....	139
Spis tabel.....	150
Spis rysunków.....	152

Wprowadzenie

Konkurencja oraz szybkie tempo funkcjonowania biznesu implikują konieczność ciągłej racjonalizacji systemów produkcyjnych, ukierunkowanej na podniesienie ich niezawodności. Wiele możliwości w tym zakresie stwarza automatyzacja.

Automatyzacja systemów produkcyjnych od dłuższego czasu jest zależna od informatyzacji. Globalizacja na rynku IT (ang.: Information Technology)¹ oraz przechodzenie większości usług informatycznych do modelu zarządzania w chmurze wpływają na coraz większe znaczenie systemów ICT (ang.: Information and Communication Technology)², które nadzorują systemy produkcyjne. Współcześnie niezawodność systemów produkcyjnych w dużej mierze zależy od dostępności wspomagających je systemów ICT, która wiąże się z zagadnieniem ich utrzymania.

Obecnie wiodącą na świecie metodologią obejmującą utrzymanie systemów ICT jest ITIL (ang.: Information Technology Infrastructure Library)³. Metodologia ta zawiera zbiory najlepszych praktyk w zakresie procesów utrzymania systemów ICT, wśród których do najważniejszych należą:

- zarządzanie zdarzeniami: proces obejmujący zbieranie zdarzeń z systemów ICT oraz ich przetwarzanie w celu przekazania niezbędnych informacji do procesu zarządzania incydentami,
- zarządzanie incydentami: proces obejmujący przywrócenie systemu ICT do stanu podstawowego (usunięcie awarii),
- zarządzanie problemami: proces obejmujący analizę incydentów i wykorzystanie jej wyników do ulepszania systemów ICT, które skutkują zmniejszeniem liczby incydentów, a przez to awarii systemów, co wpływa pozytywnie na ich dostępność.

¹ Information Technology: dziedzina zajmująca się wdrażaniem oraz stosowaniem technologii komputerowych. FOLDOC Free On-line Dictionary of Computing: <http://foldoc.org/information%20technology>, 2000.

² Zuppo, C.M., „Defining ICT in boundaryless world: the development of a working hierarchy”, Marion Technical College (MTC), International Journal of Managing Information Technology (IJMIT) Vol.4, No.3, August 2012, <http://www.airccse.org/journal/ijmit/papers/4312ijmit02.pdf>, strony 13-22.

³ Information Technology Infrastructure Library: ITIL jest najpopularniejszą metodologią zarządzania usługami ICT w przedsiębiorstwie, <https://www.axelos.com/best-practice-solutions/itil>, 2017.

Realizacja wyróżnionych procesów utrzymania ICT jest w znacznej części zautomatyzowana, co pozytywnie wpływa na ich koszty oraz szybkość przebiegu, a w konsekwencji na poprawę niezawodności systemów produkcyjnych.

W niniejszej pracy podjęto rozważania nad możliwością dalszej automatyzacji procesów utrzymania systemów ICT przez wykorzystanie metod sztucznej inteligencji dla poprawy niezawodności systemów produkcyjnych. Dotychczas w literaturze nie przedstawiono kompleksowych wyników badań w tym zakresie, natomiast opisano wiele zagadnień związanych z systemami produkcyjnymi, ich automatyzacją, czy sztuczną inteligencją⁴.

Podstawą rozważań podjętych w pracy były badania wstępne, obejmujące studium literatury oraz studium przypadku, mające na celu opracowanie modelu utrzymania systemów ICT w przedsiębiorstwie oraz wskazanie obszaru, w którym wprowadzenie

⁴ M.in. Niederliński A., Systemy ekspertowe dla automatyzacji zarządzania: co i jak można automatyzować w zarządzaniu?: Od udręki z paragrafami do automatycznego wnioskowania, Wydawnictwo Pracownia Komputerowa Jacka Skalmierskiego, Gliwice 2015.; Śliwczyński, A. Koliński, P. Andrzejczyk, „Organizacja i monitorowanie procesów produkcyjnych”, Instytut Logistyki i Magazynowania, Poznań 2013.; Rogowski A., Podstawy organizacji i zarządzania produkcją w przedsiębiorstwie, Wydawnictwa Fachowe CeDeWu, Warszawa 2010.; Szatkowski K., (red.), Nowoczesne zarządzanie produkcją: ujęcie procesowe, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2014.; Heizer, Jay H, Render, Barry, Operations management 7th ed., Upper Saddle River: Pearson/Prentice Hall, London 2004.; Slack, Nigel, Brandon-Jones, Alistair, Johnston, Robert, Operations management 8th ed., Pearson Education, London 2016.; Durlik I., Inżynieria zarządzania: strategia i projektowanie systemów produkcyjnych. Cz. 1 wyd. 7 uzup., [Strategie organizacji produkcji, nowe koncepcje zarządzania], Wydawnictwo Placet, Warszawa 2007.; Durlik I., Inżynieria zarządzania: strategia i projektowanie systemów produkcyjnych. Cz. 2, Wydawnictwo Placet, Warszawa 2007.; Grzech A. (red.), Inżynieria wiedzy i systemy ekspertowe, T. 1, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2006.; Grzech A. (red.), Inżynieria wiedzy i systemy ekspertowe, T. 2, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2006.; Niederliński A., Regułowo-modelowe systemy ekspertowe rmse, Wydawnictwo Pracownia Komputerowa Jacka Skalmierskiego, Gliwice 2013.; Sroka H., Systemy ekspertowe: komputerowe wspomaganie decyzji w zarządzaniu i finansach, Wydawnictwo Uczelniane AE, Katowice 1994.; Bytniewski A. (red.), Wpływ technologii sieciowych na organizację i funkcjonowanie systemów informatycznych zarządzania, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej im. Oskara Langego, Wrocław 2006.; Maus R., Keyes J, Handbook of expert systems in manufacturing, McGraw-Hill Companies, New York 1991.; Białko M., Sztuczna inteligencja i elementy hybrydowych systemów ekspertowych, Politechnika Koszalińska, Wydawnictwo Uczelniane, Koszalin 2005.; K. Michalik, „Systemy ekspertowe we wspomaganii procesów zarządzania wiedzą w organizacji”, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach, Katowice 2014.; Markowska-Kaczmar U., Kwaśnicka H. Sieci neuronowe w zastosowaniach: praca zbiorowa, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2005.; Osowski S., Sieci neuronowe do przetwarzania informacji, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2006.; Żurada J., Barski M., Jędruch W., Sztuczne sieci neuronowe: podstawy teorii i zastosowania, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1996.; Łęski J., Systemy neuronowo-rozmyte, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2008.; Shooman, Martin L, Reliability of computer systems and networks: fault tolerance, analysis, and design, John Wiley & Sons, New York 2002.; Pająk E., Klimkiewicz M., Kosieradzka A., Zarządzanie produkcja i usługami, Zarządzanie i Inżynieria Produkcji, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa, 2014.; Lewandowski J., Skołod B., Plinta D., Organizacja systemów produkcyjnych, Zarządzanie i Inżynieria Produkcji, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa, 2014.

automatyzacji może doprowadzić do poprawy dostępności systemów ICT, a w konsekwencji – niezawodności systemów produkcyjnych. Wyniki przeprowadzonych badań wstępnych oraz wieloletnie doświadczenia autora niniejszej pracy związane z zatrudnieniem na stanowisku analityka systemów ICT, pozwoliły na osiągnięcie tego celu. Stanowiło to podstawę do sformułowania problemu badawczego, celów pracy oraz hipotez badawczych, a także do opracowania modelu procesu badawczego, w którym odwzorowano zakres badań w zakresie wykorzystania sztucznej inteligencji w utrzymaniu systemów ICT nadzorujących funkcjonowanie systemów produkcyjnych.

1 Badania dla opracowania modelu utrzymania systemów ICT w przedsiębiorstwie

1.1 Studium literatury przedmiotu

1.1.1 Pojęcie systemu produkcyjnego oraz miejsce i rola ICT w tym systemie

System produkcyjny⁵ jest celowo zaprojektowanym i zorganizowanym układem, w którym na wejściu występują: materia, energia oraz informacja, służącym do wytwarzania określonych produktów dla zaspokojenia potrzeb odbiorców. Jest to układ procesów, wejść i wyjść, a także relacji między nimi.

System produkcyjny zawiera pięć podstawowych elementów⁶, przedstawionych na rys. 1.1, do których należą:

1. Wektor wejścia X , obejmujący czynniki produkcji.
2. Wektor wyjścia Y , w skład, którego wchodzi usługi oraz odpady produkcyjne.
3. Procesy przetwarzania $T = X \rightarrow Y$, rozumiane jako procesy produkcyjne.
4. Proces zarządzania systemem produkcyjnym.
5. Sprzężenia materialne, energetyczne i informacyjne między wymienionymi elementami systemu.

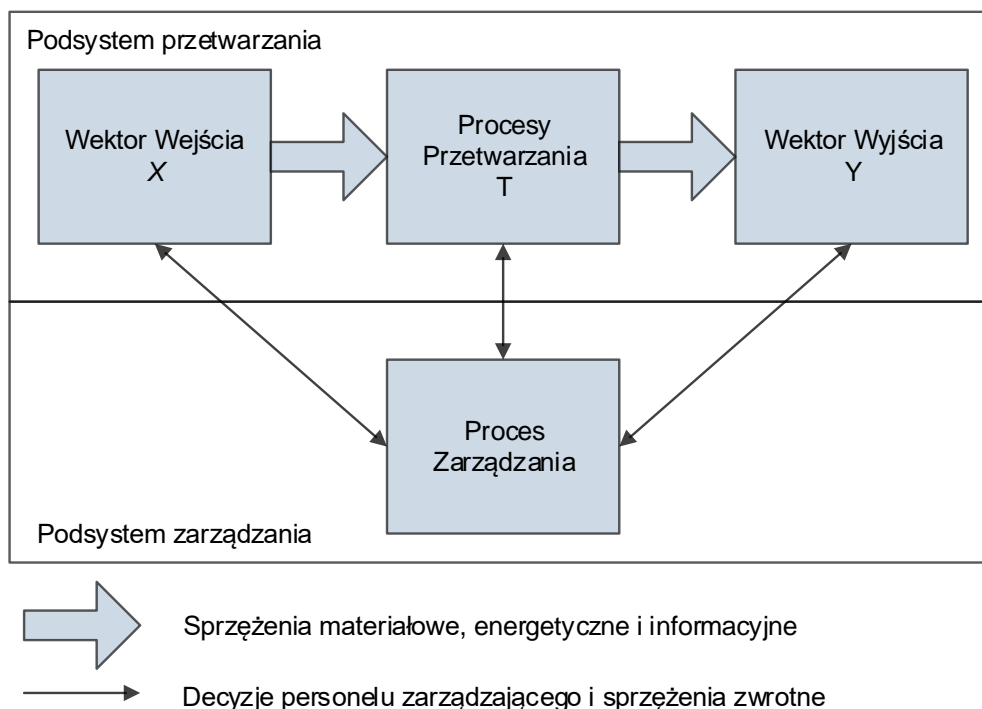
W ramach systemu produkcyjnego wyróżnia się dwa podsystemy⁷, do których należą:

1. Podsystem przetwarzania składający się z wektorów wejścia, wyjścia oraz procesów produkcyjnych.
2. Podsystem zarządzania składający się z procesu zarządzania oraz sprzężeń informacyjnych.

⁵ Sojak, S., „Rachunek kosztów. Wybrane zagadnienia”, Towarzystwo Naukowe Organizacji i Kierownictwa, Toruń 2000, strony 205-206.

⁶ Durlik, I., „Restrukturyzacja procesów gospodarczych. Reengineering, teoria i praktyka, Placet, Warszawa 1998, strony 35-41.

⁷ Durlik, I., „Inżynieria Zarządzania, Strategia i projektowanie systemów produkcyjnych”, Placet, Warszawa 1995, strony 45-46.



Rys. 1.1. Model systemu produkcyjnego

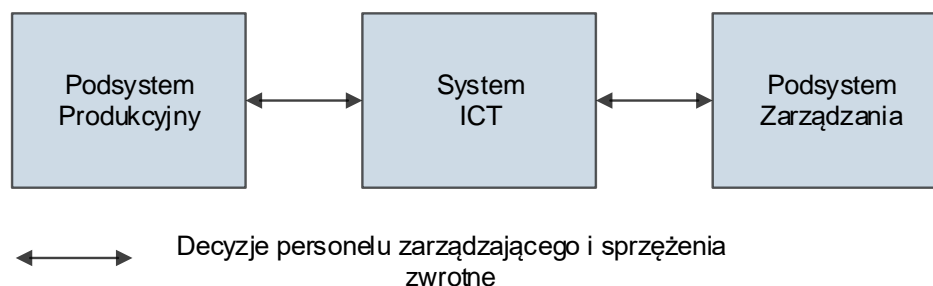
Opracowanie własne na podstawie: Durlik, I., „Inżynieria Zarządzania, Strategia i projektowanie systemów produkcyjnych”, Placet, Warszawa 1995, strony 45-46.

Podstawową rolą podsystemu zarządzania jest zwiększenie efektywności podsystemu przetwarzania. Duże możliwości stwarza tu informatyzacja. I tak, w przedsiębiorstwach wykorzystujących technologie IT, do przechowywania, analizy, przesyłania oraz manipulacji danymi stosuje się komputery. W przedsiębiorstwach wykorzystujących systemy ICT, oprócz komputerów istnieje również integracja komunikacji między nimi, umożliwiającą przesyłanie sygnałów, wiadomości, komunikatów, danych różnego rodzaju przez łącza przewodowe, radiowe, optyczne⁸. Obecnie systemy ICT stanowią zwykle główne systemy informatyczne przedsiębiorstwa.

Podsystem zarządzania często umiejscowiony jest w pewnej odległości od miejsc realizacji procesów produkcyjnych. Nakłada to konieczność stosowania systemów ICT, w celu

⁸ ITU Regulations, Radio Regulations Articles, 2012, Article 1.3, https://www.itu.int/dms_pub/itu-s/oth/02/02/S02020000244501PDFE.PDF, strona 7.

połączenia procesów produkcyjnych z procesem zarządzania⁹. Połączenie¹⁰ systemu produkcyjnego oraz systemu ICT pokazuje rys. 1.2.



Rys. 1.2. Schemat połączeń systemu produkcyjnego i systemu ICT

Opracowanie własne na podstawie: Gościński, T., „Zarządzanie procesami naprawczymi w systemach informatycznych operatorów telekomunikacyjnych”, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria Organizacja i zarządzanie, Zeszyt 70, Gliwice 2014, strony 143-163.

Podsystem zarządzania korzysta z infrastruktury sieciowej oraz telekomunikacyjnej¹¹ systemu ICT do zapewnienia integracji obszarów funkcjonalnych oraz integracji geograficznej przedsiębiorstwa. System ICT pośredniczy w wymianie informacji pomiędzy podsystemem przetwarzania i podsystemem zarządzania oraz stanowi integralną część całości systemu produkcyjnego przedsiębiorstwa. Brak jego dostępności (ang.: Availability)¹² ma zasadniczy wpływ na niezawodność systemu produkcyjnego. Dostępność systemów ICT determinuje niezawodność działania systemu produkcyjnego¹³.

Jedną z metod pomiaru niezawodności systemów produkcyjnych jest więc pomiar dostępności systemów ICT. Definiuje się ją jako czas, w którym system ICT spełniał

⁹ Bytniewski A. (red.), Wpływ technologii sieciowych na organizację i funkcjonowanie systemów informatycznych zarządzania, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej im. Oskara Langego, Wrocław 2006, strona 7-42.

¹⁰ Gościński, T., „Zarządzanie procesami naprawczymi w systemach informatycznych operatorów telekomunikacyjnych”, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria Organizacja i zarządzanie, Zeszyt 70, Gliwice 2014, strony 143-163.

¹¹ Banaszak Z., Kłos S., Mleczko J., „Zintegrowane systemy zarządzania”, Zarządzanie i Inżynieria Produkcji, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, 2016, strony 148-151 oraz 159-161.

¹² Availability: zdolność system ICT lub też jego części do spełniania założonych funkcji w wyznaczonym czasie. ITIL Glossary and Abbreviations, English Version, Axelos, 2011, https://www.axelos.com/Corporate/media/Files/Glossaries/ITIL_2011_Glossary_GB-v1-0.pdf, strona 5.

¹³ Banaszak Z., Kłos S., Mleczko J., „Zintegrowane systemy zarządzania”, Zarządzanie i Inżynieria Produkcji, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, 2016, strony 148, 212-213.

założone funkcje w stosunku do całości czasu, w którym miał je spełniać¹⁴. Zwykle podaje się ją w procentach wyrażonych jako wartość wyliczana według wzoru (1) na dostępność¹⁵:

$$\text{Dostępność} = \frac{\text{Całkowity Czas Użytkowania} - \text{Całkowity Czas Awarii}}{\text{Całkowity Czas Użytkowania}} \% \quad (1)$$

Opracowanie własne na podstawie: PN-EN 15341:2007 Maintenance – Maintenance Key Performance Indicators. Warszawa, Polski Komitet Normalizacyjny, 2007.

„Całkowity Czas Użytkowania” oznacza liczbę minut w okresie pomiarowym (zwykle miesiąc) kiedy system ICT miał funkcjonować zgodnie z przyjętymi założeniami.

„Całkowity Czas Awarii” oznacza liczbę minut w okresie pomiarowym (zwykle miesiąc) kiedy system ICT nie funkcjonował zgodnie z przyjętymi założeniami.

Równanie (1) pokazuje, że dostępność jest proporcjonalna do liczby oraz czasu trwania awarii w okresie pomiarowym¹⁶. Możliwość zredukowania lub też całkowitego wyeliminowania niektórych awarii lub też zmniejszenia ich liczby oraz czasów trwania spowoduje zwiększenie dostępności systemów ICT. Cel ten można osiągnąć przez ulepszenia wprowadzane do systemów ICT, które będą skutkowały w przyszłości wyeliminowaniem przyczyn awarii lub też zredukowaniem ich wpływu na system ICT, co przyczyni się do poprawy niezawodności systemów produkcyjnych.

1.1.2 Metodologia zarządzania systemami ICT

Utrzymanie systemów ICT¹⁷, IT Service Management – ITSM¹⁸, wyewoluowało w sposób naturalny, kiedy usługi ICT (ang. service)¹⁹ zaczęły się opierać w coraz większym stopniu na zaawansowanych technologiach informatycznych. Żeby wykorzystać w praktyce korzyści wynikające z nowych technologii, konieczne było skupienie wysiłków na

¹⁴ Availability for Managed Converged Infrastructure, Service Level Agreement For Cisco Managed Services Comprehensive Tier, http://www.cisco.com/web/about/doing_business/legal/service_descriptions/index.html, strony 18-19.

¹⁵ PN-EN 15341:2007 Maintenance – Maintenance Key Performance Indicators. Warszawa, Polski Komitet Normalizacyjny, 2007.

¹⁶ Shooman, Martin L, Reliability of computer systems and networks: fault tolerance, analysis, and design, John Wiley & Sons, New York 2002, strona 1-15.

¹⁷ ITIL Glossary and Abbreviations, English version, Axelos, 2011, https://www.axelos.com/Corporate/media/Files/Glossaries/ITIL_2011_Glossary_GB-v1-0.pdf, strona 30.

¹⁸ Ibid, strona 32.

¹⁹ Usługa ICT: Środki i metody dostarczania wartości dla odbiorców, poprzez dostarczanie wyników bez konieczności ponoszenia kosztów oraz ryzyka. Czasami pojęcie „usługa” odnosi się do usługi podstawowej, usług ICT albo pakietu usług. Ibid, strona 51.

dostarczaniu aplikacji w ramach szerszej oferty usług ICT, wspierając w ten sposób przedsiębiorstwo. W latach osiemdziesiątych zależność przedsiębiorstw od rozwiązań informatycznych cały czas rosła, szczególnie wraz ze wzrostem popularności praktycznych zastosowań utrzymania usług ICT. Zaspokojenie potrzeb biznesowych wymagało bardziej radykalnego przeorientowania podejścia do usług ICT. W rezultacie powstało „utrzymanie techniczne ICT”²⁰. Jego celem było udzielanie wsparcia w zakresie bardzo często występujących awarii, z którymi borykały się osoby korzystające z usług ICT w swojej działalności biznesowej. W tym samym czasie rząd Wielkiej Brytanii, który stał przed koniecznością zwiększenia wydajności pracy w administracji, postanowił udokumentować zarządzanie usługami ICT na podstawie podejścia do tych usług najlepszych i odnoszących największe sukcesy organizacji. W rezultacie tych działań pod koniec lat osiemdziesiątych i na początku lat dziewięćdziesiątych wydano serię książek dokumentujących podejście do zarządzania usługami ICT, potrzebnych do zapewnienia wsparcia użytkowników biznesowych. Ten zbiór praktyk, jak już wskazano we wprowadzeniu, został nazwany IT Infrastructure Library – w skrócie ITIL²¹.

Oryginalny zbiór dokumentacji rozrósł się do ponad 40 woluminów i rozpoczął okres gwałtownego rozwoju w zakresie zainteresowania usługami ICT w Wielkiej Brytanii. Pojęcie „zarządzanie usługami ICT”²² jeszcze wtedy nie istniało. Zaczęło ono być powszechnie używane w połowie lat dziewięćdziesiątych, kiedy metodologia ITIL zyskała na popularności. W 1991 r. utworzono forum użytkowników o nazwie forum zarządzania informacjami o IT (ITMF – ang.: IT Management Forum), którego celem było gromadzenie użytkowników metodologii ITIL dla wymiany pomysłów, doświadczeń oraz szkolenia. Później jego nazwa została zmieniona na forum zarządzania usługami IT (itSMF – ang.: IT Service Management Forum)²³. Dzisiaj itSMF ma swoich członków na całym świecie²⁴, a popularność metodologii ITIL dalej rośnie²⁵. Jako formalny standard dla zarządzania

²⁰ IT Operations Management, Ibid, strona 32.

²¹ Valerie Arraj, C. P. (2013, 06). ITIL®: The Basics. Pobrano 03 06, 2016 z lokalizacji <https://www.axelos.com/case-studies-and-white-papers/itil-the-basics-white-paper>, strona 1.

²² ITSM: Ibid, strona 30.

²³ itSMF: ITIL Glossary and Abbreviations, English Version, Axelos, 2011, https://www.axelos.com/Corporate/media/Files/Glossaries/ITIL_2011_Glossary_GB-v1-0.pdf, strona 33.

²⁴ Axelos, 2016, <https://www.axelos.com/best-practice-solutions/itil>, strona 1.

²⁵ IT Service Management: Iden J., Roar T., Exploring ITIL Adoption over time in the Nordic Countries, Eikebrokk, 2016,

usługami ICT w przedsiębiorstwie utworzono brytyjską normę 15000²⁶, opartą w dużej mierze na praktykach ITIL. Następnie w wielu innych krajach również zaczęto wydawać normy krajowe. W późniejszym czasie wprowadzono także normę ISO20000:2005²⁷, która szybko zdobyła uznanie na całym świecie. Kolejną wersję metodologii ITIL przygotowano w połowie lat dziewięćdziesiątych i obowiązywała ona do 2004 r. Wersja druga metodologii ITIL była bardziej zorientowana na potrzeby przedsiębiorstw niż pierwsza, która była głównie skierowana do działów ICT. Metodologia zawarta w ITIL w wersji drugiej utworzyła w bezpośredni sposób pomost pomiędzy technologią, a potrzebami biznesowymi przedsiębiorstw, dostarczając wskazówki dotyczące w głównej mierze procesów wymaganych do skutecznego świadczeniach usług ICT dla klientów biznesowych.

W obliczu postępu technologicznego oraz nowych wyzwań stojących przed dostawcami usług ICT w 2004 r. organizacja OGC (ang.: Office of Government Commerce)²⁸ rozpoczęła drugą zakrojoną na szeroką skalę inicjatywę odświeżenia metodologii ITIL. Nowe technologie pojawiające się wtedy w informatyce, oparte na procesowym podejściu metodologii ITIL, wymagały przebudowy, żeby sprostać wyzwaniom związanym z zarządzaniem współczesnymi i nowoczesnymi usługami ICT. Od początku utworzenia metodologii ITIL upłynęło ponad 20 lat, a ITIL jest wciąż najczęściej wdrażaną metodologią zarządzania ICT na świecie²⁹. Pomimo, że metodologia ITIL przeszła wielką ewolucję, a jej podstawy i zakres uległy zmianom, to koncepcje dotyczące najlepszych praktyk (ang. Best Practice)³⁰ w ICT zostały zachowane. Obecnie prawa autorskie do biblioteki ITIL są w posiadaniu organizacji Axelos³¹, którą współtworzą rząd Brytyjski oraz organizacja Capita³².

<https://www.hb.se/PageFiles/229517/IT%20Service%20Management%20%20Exploring%20ITIL%20Adoption%20over%20time%20in%20the%20Nordic%20Countriesv2.pdf>, strona 1.

²⁶ BS15000, obecnie znane jako ISO20000, <http://www.bs15000.org.uk/>, strona 1.

²⁷ ISO20000:2005 norma ITSM, ISO, 2005, http://www.iso.org/iso/catalogue_detail?csnumber=41332, strona 1.

²⁸ OGC – biuro rządu Wielkiej Brytanii, będące fundatorem działań w ramach rozwoju metodologii ITIL.

²⁹ Review of recent ITIL studies, Axelos, 2011, <https://www.axelos.com/case-studies-and-white-papers/review-of-recent-til-studies>, strona 5.

³⁰ Best Practice: metoda, która została powszechnie zaakceptowana jako lepsza nad innymi ze względu, że wyniki jej stosowania są lepsze niż te uzyskiwane przy zastosowaniu innych metod: Bretschneider, S., Marc-Aurele, F.J., Jr., and Wu, J., 2005, "Best Practices" Research: A methodological guide for the perplexed, *Journal of Public Administration Research and Theory* strony: 307-323.

³¹ About Axelos, English version, 2016, <https://www.axelos.com/about-axelos>, strona 1.

³² Capita PLC, <http://www.capita.com>.

Metodologia ITIL składa się z pięciu podstawowych obszarów obejmujących całość życia produktów i usług w organizacji ICT (ang. Service Lifecycle)³³. ITIL utworzono w oparciu o najlepsze praktyki zarządzania usługami ICT wytworzone w ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat³⁴. Takie podejście do zarządzania usługami w ICT nakłada wymóg przyjęcia wspólnych ram, które łączą wszystkie aspekty usług ICT w celu osiągnięcia jednego celu – dostarczenia wartości biznesowej dla przedsiębiorstwa za pomocą narzędzi i usług informatycznych. Poniższa lista określa najważniejsze cechy metodologii ITIL³⁵, która:

- **jest niezastrzeżona** – praktyki zarządzania informatyką według ITIL mogą zostać zastosowane w każdej organizacji ICT, ponieważ nie są oparte na żadnej określonej technologii lub rozwiązaniach branżowych, a ITIL nie jest związana z żadnym zastrzeżonym komercyjnym rozwiązaniem lub praktyką,
- **jest dobrowolna w stosowaniu (non-prescriptive)** – oferuje dojrzałe i sprawdzone najlepsze praktyki, które mogą być stosowane przez wszystkie rodzaje organizacji, jednakże nie wymusza na użytkowniku metod jej stosowania,
- **obejmuje sprawdzone metody**³⁶ – na przykładach praktycznej wiedzy w zakresie zarządzania, które zostały wprowadzone w wielu przedsiębiorstwach w działach ICT na całym świecie,
- **obejmuje dobre praktyki**³⁷ – nie każdą metodę zarządzania w ICT można uznawać za najlepszą, ale dla wielu przedsiębiorstw połączenie powszechnych, dobrych i stosowanych praktyk nadaje zarządzaniu ICT sens oraz pozwala im osiągać rezultaty.

Metodologia ITIL definiuje pięć kluczowych obszarów³⁸:

1. Strategia usług (ang.: Service Strategy – SS).
2. Projektowanie usług (ang.: Service Design – SD).

³³ Service Lifecycle, ITIL Glossary and Abbreviations, English Version, Axelos, 2011,

https://www.axelos.com/Corporate/media/Files/Glossaries/ITIL_2011_Glossary_GB-v1-0.pdf, strona 35.

³⁴ ITIL The Basics, Axelos, July 2013, <https://www.axelos.com/case-studies-and-white-papers/itil-the-basics-white-paper>, strona 1.

³⁵ The Official Introduction to the ITIL, OGC, 2007, London, TSO (The Stationery Office), strona 4.

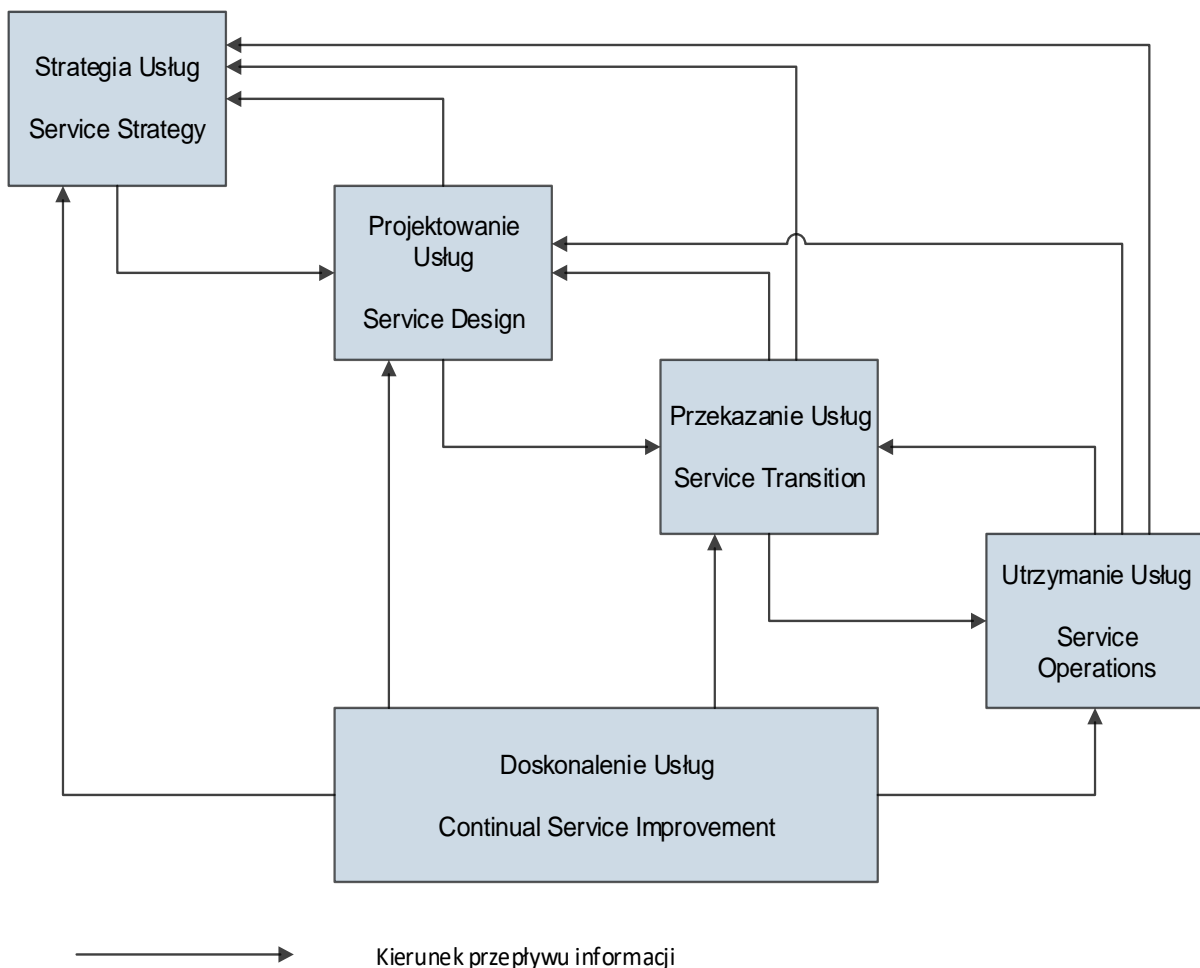
³⁶ What is ITIL Best Practice, Axelos, 2016, <https://www.axelos.com/best-practice-solutions/itil/what-is-itil>, strona 1.

³⁷ Best Practice: Axelos, 2016, <https://www.axelos.com/best-practice-solutions/itil>.

³⁸ The Official Introduction to the ITIL, OGC, 2007, London, TSO (The Stationery Office), strona 6.

3. Przekazanie usług (ang.: Service Transition – ST).
4. Utrzymanie usług (ang.: Service Operations – SO).
5. Doskonalenie usług (ang.: Continual Service Improvement – CSI).

Specjalizacja i podział na obszary w metodologii ITIL są konieczne i umożliwiają przesyłanie informacji zwrotnej oraz kontrolę pomiędzy nimi i procesami w ramach cyklu życia usług ICT. Największy nacisk w cyklu życia usług ICT położony jest na stopniowe ich ulepszanie począwszy od strategii usług (SS) przez ich projektowanie (SD), przekazanie (ST) oraz utrzymanie (SO), a wyniki otrzymane na każdym etapie są przekazywane zwrótnie do strategii (SS) w ramach ustawicznego doskonalenia usług ICT (CSI). Nie jest to jednak jedyny układ wymiany informacji w ramach poszczególnych obszarów metodologii ITIL. W każdym elemencie cyklu życia usług ICT istnieją punkty komunikacji zapewniające kontrolę oraz umożliwiające uzyskanie i wysyłanie informacji zwrotnych. Takie połączenie różnych źródeł informacji oraz kanałów zwrotnych pozwala uzyskać większą elastyczność oraz kontrolę nad usługami ICT. Podejście od strony cyklu życia usług ICT naśladuje rzeczywistą sytuację, która występuje w większości przedsiębiorstw. Ciągła wymiana informacji zwrotnych na różnych etapach cyklu życia usług ICT stanowi o sile metodologii ITIL. Dzięki informacjom zwrotnym optymalizacja usług ICT jest wykonywana z perspektywy biznesowej, a także jest oceniana z punktu widzenia wartości wnoszonej dla strony biznesowej przedsiębiorstwa. W każdym punkcie czasu cyklu życia usług ICT ich monitorowanie, ocena i informacje zwrotne przechodzą pomiędzy wszystkimi obszarami, na podstawie których podejmowane są decyzje o konieczności wprowadzenia drobnych zmian lub przeprowadzenia daleko idących inicjatyw doskonalenia usług. Na rysunku rys. 1.3 przedstawiono główne oraz poboczne relacje pomiędzy obszarami metodologii ITIL.



Rys. 1.3 Relacje pomiędzy głównymi obszarami w metodologii ITIL

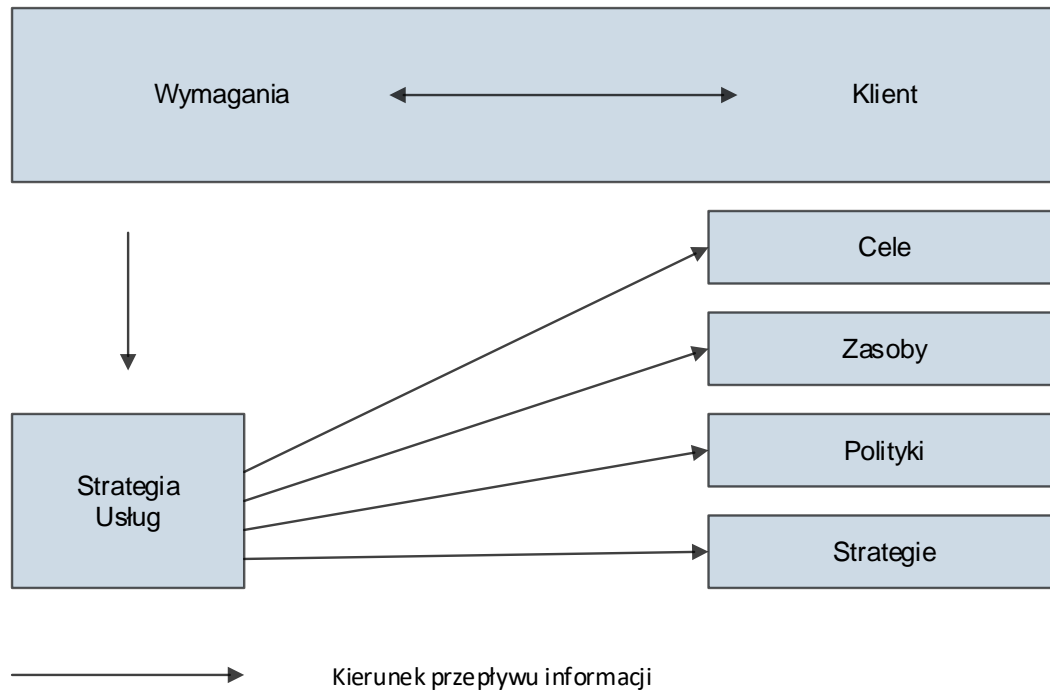
Opracowanie własne na podstawie: The Official Introduction to the ITIL, OGC, 2007, London, TSO (The Stationery Office), strona 22.

Strategia Usług – Service Strategy stanowi podstawę oraz początek cyklu życia usług ICT w metodologii ITIL i pozwala przygotować poprawne założenia pod rozwój kluczowych zdolności działów informatyki w przedsiębiorstwie (rys. 1.4). Strategia usług dostarcza najlepsze praktyki, które pomogą odpowiednio zdefiniować zakres ich świadczenia między innymi w poniższych obszarach³⁹:

- wytworzenia wartości usług ICT dla biznesowej części przedsiębiorstwa,
- definicji niezbędnych zasobów dostawcy usług ICT,
- wyboru rodzaju i modelu dostarczania usług ICT,

³⁹ ITIL Service Strategy, Axelos, 2011, London, TSO (The Stationery Office), strony 31-62.

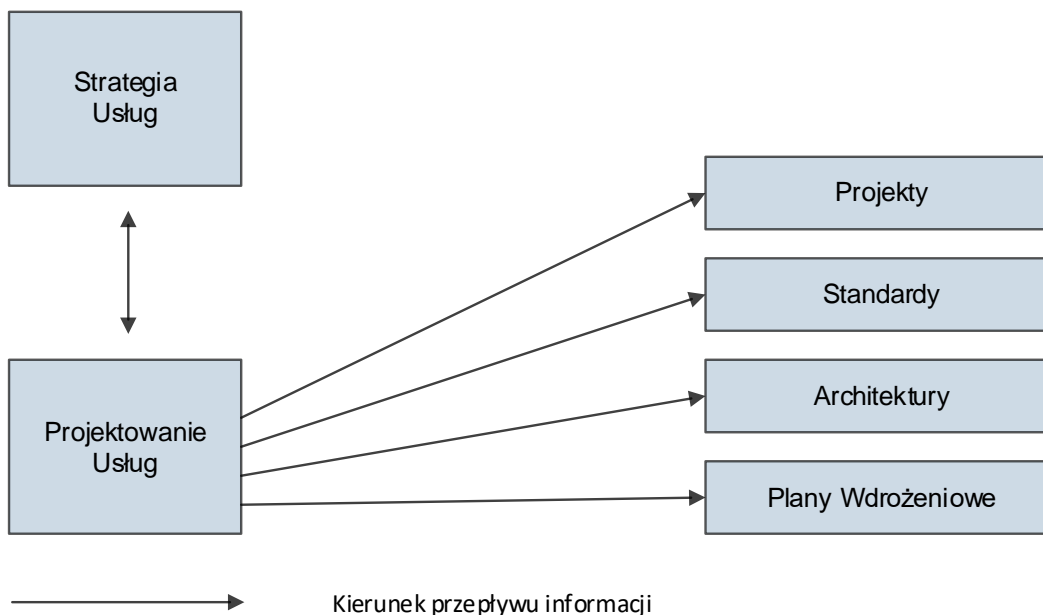
- definicji struktury usług ICT,
- definiowania docelowego odbiorcy usług ICT,
- ofert oraz katalogów dostępnych usług ICT,
- zarządzania finansami,
- zarządzania usługami ICT,
- monitorowania i kryteriów oceny usług ICT,
- przewidywanego zwrotu z inwestycji z usług ICT.



Rys. 1.4 Strategia Usług – zakres funkcjonalny

Opracowanie własne na podstawie: ITIL Service Strategy, OGC, 2007, London, TSO (The Stationery Office), strony 31-84.

Projektowanie Usług – Service Design jest następnym etapem cyklu życia usług ICT w ITIL (rys. 1.5). Najważniejsze obszary projektowania usług koncentrują się na kilku aspektach projektowych m.in. na projektowaniu usług, procesów usługowych i budowaniu zdolności dostawcy usług ICT w taki sposób, żeby zaspokoić potrzeby i wymagania odbiorcy po stronie biznesowej przedsiębiorstwa.



Rys. 1.5 Projektowanie Usług – zakres funkcjonalny

Opracowanie własne na podstawie: ITIL Service Design, OGC, 2007, London, TSO (The Stationery Office), strony 23-164.

Najważniejsze elementy oraz cele tego etapu cyklu życia usług ICT obejmują⁴⁰:

- założenia i wymagania projektowe,
- katalog usług,
- modele projektowania usług,
- skalowalność usług (ang.: Capacity Management)⁴¹,
- dostępność usług (ang.: Availability Management)⁴²,
- poziomy gwarantowanego świadczenia usług SLA (ang.: Service Level Management)⁴³.

⁴⁰ ITIL Service Design, OGC, 2007, London, TSO (The Stationery Office), strony 23-33.

⁴¹ Capacity Management: Część obszaru Projektowania Usług ICT, proces odpowiedzialny za zapewnienie, że usługa ICT w ujęciu ilościowym (np. ilość pamięci, wydajność procesorów itp.) będzie spełniała oczekiwania uzgodnione na etapie projektowym z odbiorcami biznesowymi, Expert insight into Capacity Management at Gartner Data Centre Summit 2008 M2PressWIRE, Oct 20, 2008, strona 1.

⁴² Availability Management: Część obszaru Projektowania Usług ICT, proces odpowiedzialny za zapewnienie, że usługa ICT będzie spełniać wymagania biznesowe pod kątem jej dostępności (np. usługa musi być w 99% czasu dostępna w godzinach otwarcia oddziałów przedsiębiorstwa), Zambon E., Model-based qualitative risk assessment for availability of IT infrastructures, Software & Systems Modeling. Oct2011, Vol. 10 Issue 4, strona 553-580.

⁴³ Service Level Management: Część obszaru Projektowania Usług ICT, proces odpowiedzialny za wynegocjowanie oraz zapewnienie poziomu dostarczania usług na poziomie utrzymania (np. czasy naprawy,

Głównym celem etapu projektowania usług ICT jest stworzenie nowych lub zmiana istniejących usług, która ma zostać wprowadzona do „środowiska produkcyjnego”⁴⁴. Nowe usługi należy projektować i opracowywać w połączeniu z już istniejącymi usługami, a w szczególności zwrócić uwagę na narzędzia i systemy zarządzania, architekturę, technologię i procesy usługowe. Takie podejście daje gwarancję, że w projekcie zostaną uwzględnione nie tylko elementy funkcjonalne nowych usług, ale również wszystkie wymogi w zakresie utrzymania oraz współpracy z już istniejącymi systemami. Założenia dotyczące nowych usług ICT uzyskuje się głównie przez analizę wymagań biznesowych przedsiębiorstwa, a każde wymaganie zostaje poddane szczegółowej analizie, udokumentowane i skonsultowane zgodnie z polityką ICT przedsiębiorstwa.

Dzięki dobremu zaprojektowaniu usług możliwe jest świadczenie ich w kosztowo optymalny sposób, w wysokiej jakości, która gwarantuje zaspokojenie potrzeb biznesowych przedsiębiorstwa⁴⁵. Z dobrej praktyki projektowania usług wynikają następujące korzyści⁴⁶:

- obniżenie całkowitych kosztów posiadania (ang.: Total Cost of Ownership)⁴⁷: koszty posiadania można zminimalizować, jeśli wszystkie aspekty usług, procesów i technologii zostały prawidłowo zaprojektowane i wdrożone zgodnie z założeniami,
- wyższa jakość usług: wartość biznesowa usług ICT w trakcie utrzymania zostanie podniesiona,
- większa zgodność usługi z wymaganiami biznesowymi przedsiębiorstwa: usługi są projektowane zgodnie z ograniczeniami, architekturą i strategią korporacyjną,

czasy odpowiedzi, dostępność usługi itp.), Benaroch M., Dai Q., Kauffman R. J., Journal of Management Information Systems. Spring 2010, Vol. 26 Issue 4, strony 317-358.; Bujak B., Usługi IT, potrzeba czy konieczność, Zarządzanie usługami IT, slm.pl, 2017, strona 1.

⁴⁴ Środowisko produkcyjne w rozumieniu rozwiązań ICT, czyli wspierające produkcyjne usługi ICT, a nie np. laboratoryjne. Governica.com, Encyklopedia ITIL,

[https://www.governica.com/%C5%9Arodowisko_produkcyjne_\(ITIL\)](https://www.governica.com/%C5%9Arodowisko_produkcyjne_(ITIL)), 2017, strona 1.

⁴⁵ IT Service Management & ITIL Application Support, Bob Anderson, 30.10.2009, <http://www.itservicemanagement-til.com/it-service-management-cat/itil-v3-life-cycle/the-business-value-of-the-itil-v3-service-lifecycle/>, strona 1.

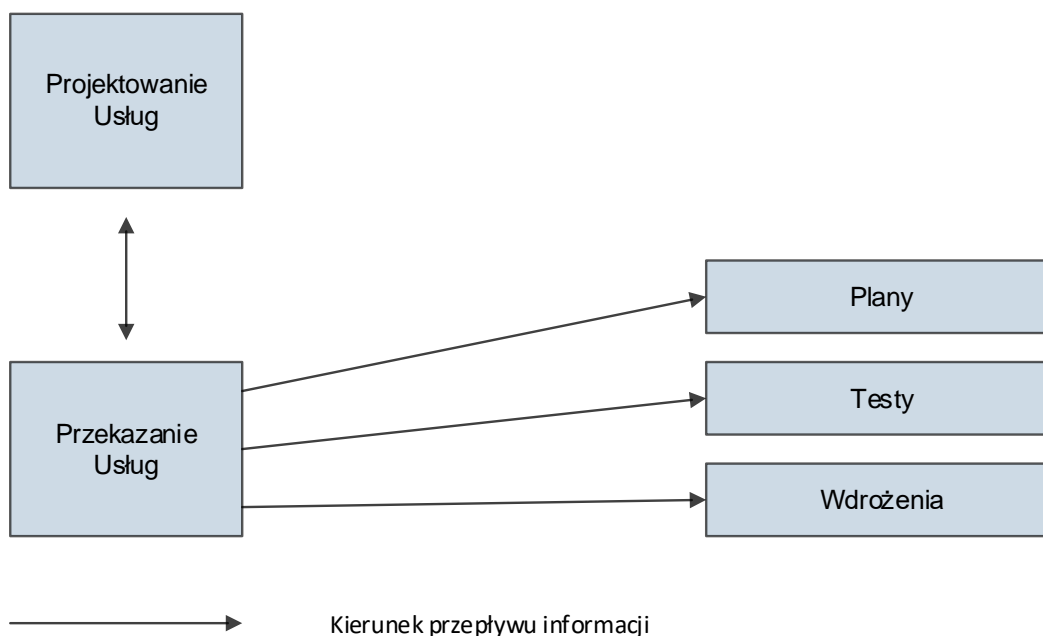
⁴⁶ ITIL Service Design, OGC, 2007, London, TSO (The Stationery Office), strona 18.

⁴⁷ TCO: Jest metodą szacowania kosztów w ekonomii, która umożliwia oszacowanie bezpośrednich i pośrednich kosztów posiadania dóbr, Bujak B., The art of IT, czyli o zarządzaniu IT, TCO - czyli zarządzanie całkowitymi kosztami IT, tco.pl, 2017, strona 1.

- ułatwienie wdrażania nowych lub zmodyfikowanych usług: dzięki projektowaniu prowadzonemu w sposób zintegrowany i w pełni kompleksowy,
- lepsze dopasowanie usług: zaangażowanie wszystkich interesariuszy od etapu budowy koncepcji usług gwarantuje, że nowe lub zmodyfikowane usługi są dopasowane do potrzeb biznesowych przedsiębiorstwa i są zaprojektowane tak, żeby spełniać wymogi dotyczące poziomu gwarantowanego świadczenia usług (SLA),
- sprawniejsza realizacja usług: osiągnięta przez włączenie i przyjęcie planów w zakresie potencjału wykonawczego, finansów, dostępności i ciągłości świadczenia usług ICT,
- skuteczniejsze zarządzanie usługami i procesami ICT: procesy usługowe ICT będą projektowane z zapewnieniem optymalnej jakości i wydajności,
- udoskonalenie procesu decyzyjnego: bardziej kompleksowe i skuteczniejsze pomiary i metryki (KPI – ang. Key Performance Indicator)⁴⁸ usprawnią proces decyzyjny oraz umożliwią ustawiczne doskonalenie praktyk zarządzania usługami od początku etapu projektowania.

Po etapach tworzenia strategii oraz projektowania usług ICT w ramach cyklu ich życia następuje etap przekazania usług ICT do utrzymania. Uzyskana wiedza, która będzie potrzebna do zarządzania usługami w środowisku produkcyjnym, musi być zgromadzona i udostępniona w całej organizacji ICT. Odbywa się to przez **Przekazanie Usług – Service Transition** (rys. 1.6).

⁴⁸ KPI: finansowe i niefinansowe wskaźniki stosowane jako mierniki stopnia realizacji celów organizacji w jej w procesach. Parmenter D., Kluczowe wskaźniki efektywności (KPI). Tworzenie, wdrażanie i stosowanie. Gliwice: Wydawnictwo Helion, 2015, s. 11.



Rys. 1.6 Przekazanie Usług – zakres funkcjonalny

Opracowanie własne na podstawie: ITIL Service Transition, OGC, 2007, London, TSO (The Stationery Office), strony 23-145.

Etap przekazania usług ICT zawiera między innymi⁴⁹:

- planowanie przekazania,
- zarządzanie dostępnymi zasobami (ang.: Asset Management)⁵⁰,
- zarządzanie konfiguracją (ang.: Configuration Management)⁵¹,
- zarządzanie wdrożeniami (ang.: Release Management)⁵²,
- zarządzanie zmianą (ang.: Change Management)⁵³,

⁴⁹ ITIL Service Transition, OGC, 2007, London, TSO (The Stationery Office), strony 23-145.

⁵⁰ Asset Management: Część obszaru Przekazania Usług ICT, proces odpowiedzialny za inwentaryzację zasobów ICT, Ibid, strona 226.

⁵¹ Configuration Management: Część obszaru Przekazania Usług ICT, proces odpowiedzialny za gromadzenie wiedzy o elementach składowych usługi ICT oraz ich wzajemnych relacjach. Yamada H., Yada T., Nomura H., Developing network configuration management database system and its application-data federation for network management, Telecommunication Systems, Feb 2013, Vol. 52 Issue 2, strona 993-1000.

⁵² Release Management: Część obszaru Przekazania Usług ICT, proces odpowiedzialny za planowanie, wykonanie oraz kontrolę przemieszczania się elementów składowych usługi ICT pomiędzy „środowiskami” testowymi a produkcyjnymi, ITIL Service Transition, OGC, 2007, London, TSO (The Stationery Office), strona 230.

⁵³ Change Management: Część obszaru Przekazania Usług ICT, proces odpowiedzialny za zarządzanie cyklem życia zmian w ICT zapewniając minimalne ryzyko ich wdrażania. Yamakawa P., Noriega C. O., Linares A. N., Ramírez W. V., Improving ITIL compliance using change management practices: a finance sector case study, Business Process Management Journal. 2012, Vol. 18 Issue 6, strona 1020-1035.

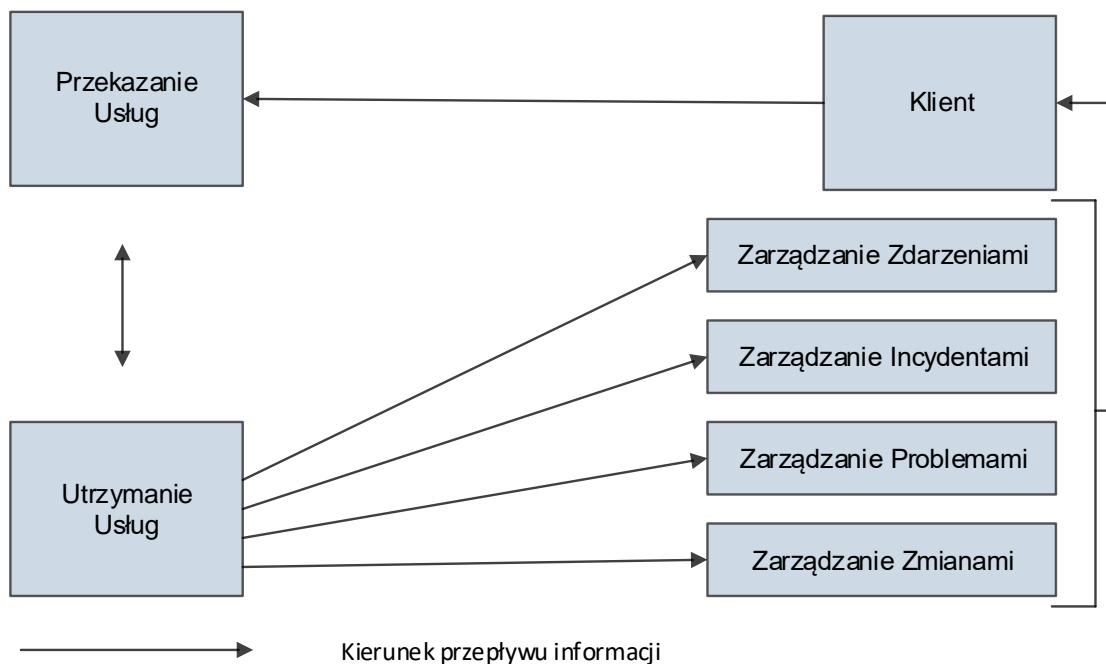
- testowania wdrożenia oraz weryfikacji osiągniętych wyników.

Do głównych celów, które powinny zostać osiągnięte w etapie przekazania usług należą⁵⁴:

- planowanie i zarządzanie potencjałem wykonawczym i zasobami niezbędnymi do wdrożenia usług do produkcji zgodnie z wymogami biznesowymi przedsiębiorstwa,
- ocena ryzyka wdrożenia nowych usług do produkcji,
- zapewnianie wiedzy i informacji, w celu usprawnienia procesów wdrożenia w środowiskach testowych oraz produkcyjnych,
- zapewnianie procedur instalacyjnych, które można wykorzystać do wdrażania usług ICT w środowiskach testowych i produkcyjnych,
- zagwarantowanie, że usługi mogą być zarządzane, utrzymywane i wspierane zgodnie z wymogami i ograniczeniami określonymi w ramach etapu projektowania usług.

Każdy z opisanych obszarów ITIL, czyli: strategia, projektowanie oraz przekazanie do utrzymania, przyczynia się do podwyższenia jakości świadczenia usług ICT, ale to w obszarze **Utrzymanie Usług – Service Operations** klient biznesowy widzi jakość i efekty poprzednich etapów, szczególnie przez codzienne użytkowanie usług ICT. Utrzymanie usług jest obszarem w cyklu zarządzania usługami ITIL, który odpowiada za rutynowe czynności oraz codzienne ich utrzymanie (rys. 1.7).

⁵⁴ ITIL Service Transition, OGC, 2007, London, TSO (The Stationery Office), strony 7-9,16-18.



Rys. 1.7 Utrzymanie Usług – zakres funkcjonalny

Opracowanie własne na podstawie: ITIL Service Operations, OGC, 2007, London, TSO (The Stationery Office), strony 35-103.

Etap utrzymania usług skupia się na codziennych działaniach, które są wykorzystywane do realizowania i dostarczania usług ICT na określonym poziomie jakości. Nadrzędnym celem etapu utrzymania usług ICT jest ich realizacja i codzienne wspieranie, a zarządzanie infrastrukturą i czynnościami utrzymaniowymi musi zawsze wspomagać działania zmierzające do osiągnięcia tego celu. Systematyczne monitorowanie oraz ocena usług ICT w trakcie ich utrzymania umożliwia również ich ciągłe doskonalenie. Utrzymanie usług odpowiada również za bieżące zarządzanie technologią stosowaną do realizowania i wspierania usług ICT.

Każdy etap w cyklu zarządzania usługami według metodologii ITIL dostarcza wartość dla odbiorców biznesowych w przedsiębiorstwie. W trakcie etapu utrzymania usług ICT plany, projekty i metody optymalizacji zostają wykonane i zmierzone. Z punktu widzenia klienta biznesowego wartość rzeczywistą można dostrzec właśnie na etapie utrzymania.

Etap utrzymania usług składa się z głównych procesów⁵⁵:

⁵⁵ ITIL Service Operations, OGC, 2007, London, TSO (The Stationery Office), strony 35-103.

- zarządzania zdarzeniami (ang.: Event Management)⁵⁶,
- zarządzania incydentami (ang.: Incident Management)⁵⁷,
- zarządzania problemami (ang.: Problem Management)⁵⁸.

W kontekście podjętego tematu pracy wyróżnione procesy utrzymania usług ICT zostaną opisane w pkt 1.1.3.

Doskonalenie Usług – Continual Service Improvement – CSI zapewnia praktyczne wskazówki dotyczące pomiaru (KPI) i zwiększania jakości usług, ogólnego zwiększania dojrzałości usług ICT oraz procesów leżących u ich podstaw na trzech poziomach w organizacji⁵⁹:

- ogólnego stanu ICT,
- dopasowywania usług do obecnych i przyszłych wymogów biznesowych przedsiębiorstwa,
- dojrzałości procesów ICT w przedsiębiorstwie.

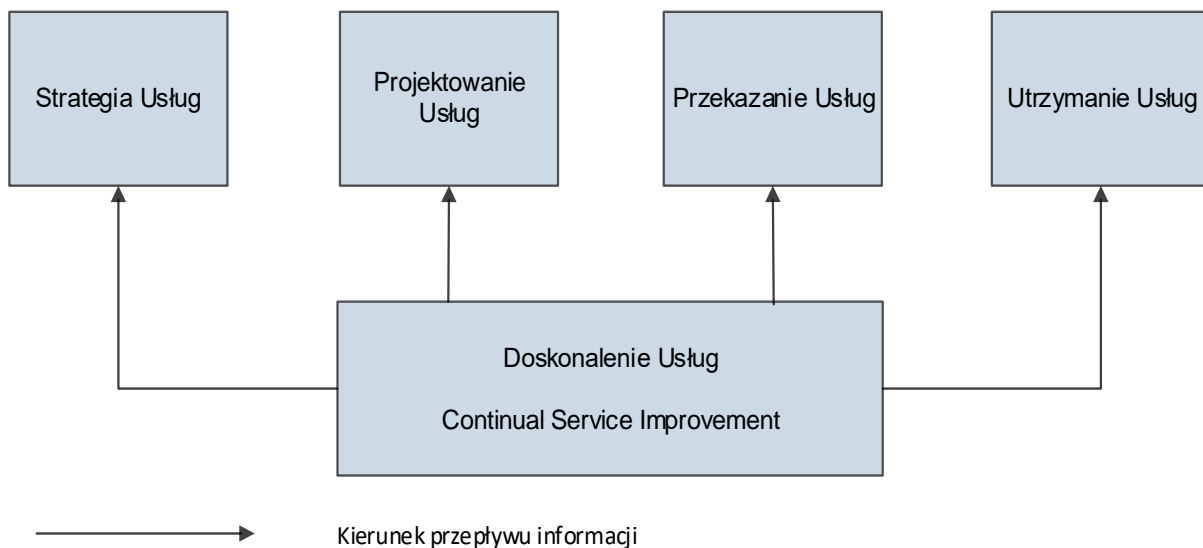
Głównym celem obszaru doskonalenia usług ICT w metodologii ITIL jest ciągłe dostosowywanie usług do zmieniających się potrzeb biznesowych przez identyfikowanie i wprowadzanie w życie ich udoskonaleń. Działania doskonalące wspierają usługi ICT przez zmiany w strategii, projektowaniu, przekazaniu i utrzymaniu. W praktyce doskonalenie usług polega na szukaniu sposobów zwiększenia skuteczności, wydajności i optymalności kosztowej procesów usługowych ICT w przedsiębiorstwie (rys. 1.8).

⁵⁶ Event Management: Część obszaru Utrzymania Usług ICT, proces odpowiedzialny zarządzanie zdarzeniami, czyli za zbieranie oraz przetwarzanie zdarzeń dostępnych w systemach ICT, Ibid, strona 232.

⁵⁷ Incident Management: Część obszaru Utrzymania Usług ICT, proces odpowiedzialny usuwanie awarii oraz przywracanie systemów ICT do działania, ITIL Glossary and Abbreviations, English Version, Axelos, 2011, https://www.axelos.com/Corporate/media/Files/Glossaries/ITIL_2011_Glossary_GB-v1-0.pdf, strona 29.; Forte D., Security standardization in incident management: the ITIL approach, Network Security, Jan 2007, Vol. 2007 Issue 1, strona 14-16.

⁵⁸ Problem Management: Część obszaru Utrzymania Usług ICT, proces odpowiedzialny ulepszanie systemów ICT, a przez to pro-aktywnie zapobiegający powstawaniu nowych incydentów oraz zmniejszający negatywny wpływ istniejących incydentów na systemy ICT, ITIL Glossary and Abbreviations, English Version, Axelos, 2011, https://www.axelos.com/Corporate/media/Files/Glossaries/ITIL_2011_Glossary_GB-v1-0.pdf, strona 43.; Problem Management: Major Payback for the Data Center, Computer Economics Report. Sep2006, Vol. 28 Issue 9, strona 16-17.

⁵⁹ ITIL Continual Service Improvement, OGC, 2007, London, TSO (The Stationery Office), strona 3.



Rys. 1.8 Doskonalenie Usług – relacje z innymi procesami

Opracowanie własne na podstawie: ITIL Continual Service Improvement, OGC, 2007, London, TSO (The Stationery Office), strony 27-92.

CSI spełnia następujące zadania⁶⁰:

- przegląd, analiza i zalecenia dotyczące możliwości wprowadzenia udoskołań w każdej fazie cyklu życia usług: oceny strategii, projektowania, przekazania i utrzymania usług ICT, a także analizowania wyników w zakresie poziomu gwarantowanego świadczenia usług (SLA),
- identyfikowanie i wdrażanie poszczególnych działań w celu podnoszenia jakości usług ICT oraz zwiększania wydajności i skuteczności procesów utrzymania,
- zwiększanie optymalności kosztowej realizacji usług ICT bez szkody dla zadowolenia końcowego odbiorcy w przedsiębiorstwie,
- gwarantowanie, że do wspierania działań w zakresie ustawicznego doskonalenia wykorzystywane są właściwe metody zarządzania jakością.

Zadania CSI muszą również być regularnie planowane. Standardowo „doskonalenie” staje się procesem w obrębie systemów ICT razem ze zdefiniowanymi działaniami, wejściami, wyjściami, rolami i raportowaniem. Doskonalenie usług ICT musi zagwarantować, że procesy ITIL są opracowywane i wdrażane tak, żeby wspierać odpowiednie podejście do

⁶⁰ Ibid, strona 14.

odbiorców biznesowych oparte na całościowym zarządzaniu usługami ICT w przedsiębiorstwie.

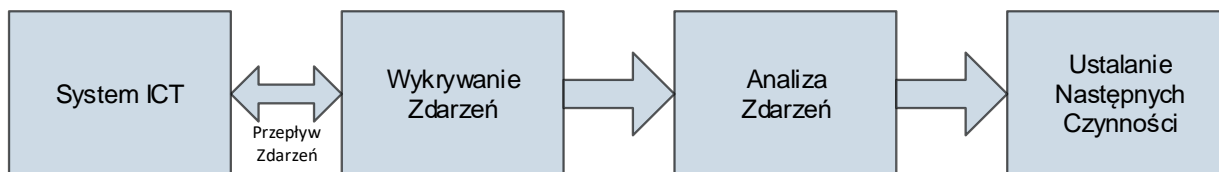
1.1.3 Utrzymanie systemów ICT

Do głównych procesów utrzymania systemów ICT należą⁶¹:

- zarządzanie zdarzeniami: zbieranie informacji z systemów ICT w celu ustalenia ich bieżącego stanu,
- zarządzanie incydentami: usuwanie awarii systemów ICT w celu przywrócenia ich do zamierzonego poziomu działania,
- zarządzanie problemami: doskonalenie systemów ICT w celu obniżenia przyszłej liczby incydentów, co wpłynie korzystnie na ich dostępność.

Zarządzanie Zdarzeniami jest procesem, w którym powinny być wykonywane następujące zadania⁶² (rys. 1.9):

- wykrywanie zdarzeń: zbieranie zdarzeń z systemów ICT,
- analiza zdarzeń: odpowiednia interpretacja i przetwarzanie zdarzeń zebranych z systemów ICT,
- ustalenie następnych czynności po wykryciu zdarzenia: podjęcie decyzji o stworzeniu incydentu na podstawie pojedynczego zdarzenia lub ich grupy.



Rys. 1.9 Proces zarządzania zdarzeniami

Opracowanie własne na podstawie: ITIL Service Operations, OGC, 2007, London, TSO (The Stationery Office), strony 35-46.

Zdarzenie⁶³ to dowolne wykrywalne lub dające się wyodrębnić powiadomienia lub komunikaty wygenerowane automatycznie przez urządzenia systemów ICT lub narzędzia do ich monitorowania, które jest istotne z punktu widzenia utrzymania systemów ICT oraz

⁶¹ ITIL Service Operations, OGC, 2007, London, TSO (The Stationery Office), strony 35-103.

⁶² Ibid, strona 48.

⁶³ ITIL Glossary and Abbreviations, English Version, Axelos, 2011, https://www.axelos.com/Corporate/media/Files/Glossaries/ITIL_2011_Glossary_GB-v1-0.pdf, strona 25.

oceny jego ewentualnego wpływu na te systemy. Warunkiem skutecznego utrzymania systemów ICT jest dostęp do informacji o statusie urządzeń oraz możliwość wykrywania wszelkich odstępstw od normalnych lub oczekiwanych warunków utrzymania. Dostęp do informacji oraz wykrywanie odstępstw są realizowane przez automatyczne systemy do monitorowania i kontroli, które bazują na jednym z dwóch poniższych schematów działania⁶⁴:

1. Aktywne narzędzia monitorujące, które wysyłają zapytania do elementów systemów ICT w celu ustalenia ich stanu i dostępności. Każdy wyjątek od ustalonych norm powoduje wygenerowanie zdarzenia, które należy przekazać do odpowiedniego narzędzia lub zespołu w celu podjęcia odpowiednich działań.
2. Bierne narzędzia monitorujące, które wykrywają i korelują zdarzenia wygenerowane automatycznie przez urządzenia systemów ICT.

Proces zarządzania zdarzeniami jest widoczny zazwyczaj pośrednio, gdyż większość jego elementów jest wbudowana obecnie w narzędzia monitorujące systemy ICT. Główne zalety procesu zarządzania zdarzeniami dla przedsiębiorstwa opisuje się następująco⁶⁵:

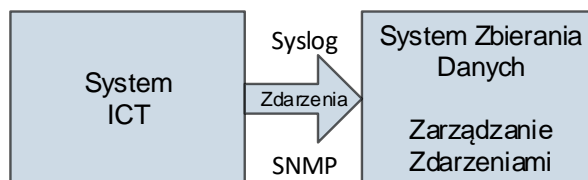
- proces zarządzania zdarzeniami zapewnia mechanizmy wczesnego wykrywania zdarzeń w systemach ICT. W wielu przypadkach możliwe jest wykrycie i przydzielenie do odpowiednich grup wsparcia zdarzenia w celu podjęcia odpowiednich działań, zanim dojdzie do rzeczywistego przerwania wykonywania usług ICT,
- proces zarządzania zdarzeniami umożliwia wykonywanie niektórych typów zautomatyzowanych działań przez identyfikowanie sytuacji odbiegających od normy,
- proces zarządzania zdarzeniami stanowi podstawę dla zautomatyzowanych działań, co pozwala na zwiększenie wydajności i optymalne wykorzystanie kosztownych zasobów ludzkich w utrzymaniu systemów ICT.

Ze względu na główny cel procesu zarządzania zdarzeniami, którym jest stworzenie przydatnych informacji, jakie można wykorzystać w trakcie utrzymania systemów ICT, ważne znaczenie ma przedstawienie systemów zbierania danych.

⁶⁴ ITIL Continual Service Operations, OGC, 2007, London, TSO (The Stationery Office), strona 36.

⁶⁵ Ibid, strona 36.

W ramach systemów zbierania danych wyróżniają się dwa główne protokoły kolekcji i zbierania danych z systemów ICT: syslog oraz SNMP (rys. 1.10).



Rys. 1.10 Zbieranie danych z elementów systemów ICT przez stację monitorującą

Opracowanie własne.

Protokół syslog w ramach systemów ICT jest standardową metodą obejmującą zbieranie danych o stanie systemów lub urządzeń. Syslog rozdziela elementy monitorowane od systemów które zbierają dane, przechowują je oraz analizują i raportują. Każdy system, który obsługuje protokół syslog jest zobowiązany do wysyłania wiadomości pod ustalony adres sieciowy, gdzie osobny system zbiera je, przetwarza, składa oraz raportuje. Każda z wiadomości jest opatrzona kodem, który umożliwia ustalenie, kto wysłał daną wiadomość oraz jaki jest jej poziom ważności.

Protokół syslog powstał w latach osiemdziesiątych XX wieku w ramach projektów rozwojowych oprogramowania związanego z pocztą elektroniczną. Dzięki swej elastyczności i uniwersalności został dość szybko zaadoptowany jako standard i opisany w dokumentach RFC 3164⁶⁶ oraz RFC 5424⁶⁷.

Wiadomości protokołu syslog posiadają trzy pola:

- „facility” – kod źródła nadania wiadomości określa nazwę lub element składowy urządzenia lub programowania, które nadało wiadomość (tab. 1.1),
- „severity” – kod istotność wiadomości (tab. 1.2),
- „MSG” – zawartość wiadomości, głównie tekstowy opis definiowany przez wysyłający system, który umożliwia zidentyfikowanie awarii.

⁶⁶ IETF. (2016, 10 01). The BSD syslog Protocol. Pobrano z lokalizacji IETF.org: <https://tools.ietf.org/html/rfc3164>.

⁶⁷ IETF. (2016, 10 01). The Syslog Protocol. Pobrano z lokalizacji IETF.org: <https://tools.ietf.org/html/rfc5424>.

Tab. 1.1 Protokół syslog – kod facility

Kod Facility	Nazwa	Opis
0	kern	kernel messages
1	user	user-level messages
2	mail	mail system
3	daemon	system daemons
4	auth	security/authorization messages
5	syslog	messages generated internally by syslogd
6	lpr	line printer subsystem
7	news	network news subsystem
8	uucp	UUCP subsystem
9		clock daemon
10	authpriv	security/authorization messages
11	ftp	FTP daemon
12	-	NTP subsystem
13	-	log audit
14	-	log alert
15	cron	scheduling daemon
16	local0	local use 0 (local0)
17	local1	local use 1 (local1)
18	local2	local use 2 (local2)
19	local3	local use 3 (local3)
20	local4	local use 4 (local4)
21	local5	local use 5 (local5)
22	local6	local use 6 (local6)
23	local7	local use 7 (local7)

Źródło: IETF. (2016, 10 01). The BSD syslog Protocol. Pobrano z lokalizacji IETF.org: <https://tools.ietf.org/html/rfc3164>.

Tab. 1.2 Protokół syslog – kod severity

Wartość	Kod Severity	Nazwa	Opis
0	Emergency	emerg	System nie nadaje się do użytku
1	Alert	alert	Awaria, która wymaga natychmiastowej interwencji
2	Critical	crit	Stan krytyczny
3	Error	err	Błąd
4	Warning	warning	Ostrzeżenie, może przekształcić się w błąd, jeżeli nie zostaną podjęte natychmiastowe działania
5	Notice	notice	Notyfikacja
6	Informational	info	Informacja
7	Debug	debug	Informacje dla programistów

Źródło: IETF. (2016, 10 01). The BSD syslog Protocol. Pobrano z lokalizacji IETF.org: <https://tools.ietf.org/html/rfc3164>.

SNMP (ang.: Simple Network Management Protocol) jest to protokół, który wspiera i organizuje informacje dostępne z urządzeń podlegających utrzymaniu w systemach ICT. Powstał w 1988 r. w wersji pierwszej i został zdefiniowany w dokumentach RFC 1065⁶⁸, RFC 1066⁶⁹ oraz RFC 1067⁷⁰, który został później zastąpiony przez RFC 1098⁷¹ oraz RFC 1157⁷². Protokół SNMP pracuje w kilku różnych trybach różniących się od siebie:

- tryb odczytu (read-only), w którym protokół może wysyłać informacje (SNMP TRAP) z elementów monitorowanych do systemu utrzymania ICT,

⁶⁸ IETF. (2016, 08 20). Structure and Identification of Management Information for TCP/IP-based internets. Pobrano z lokalizacji IETF.org: <https://tools.ietf.org/html/rfc1065>.

⁶⁹ IETF. (2016, 08 21). Management Information Base for Network Management of TCP/IP-based internets. Pobrano z lokalizacji IETF.org: <https://tools.ietf.org/html/rfc1066>.

⁷⁰ IETF. (2016, 08 21). A Simple Network Management Protocol. Pobrano z lokalizacji IETF.org: <https://tools.ietf.org/html/rfc1067>.

⁷¹ IETF. (2016, 08 20). A Simple Network Management Protocol (SNMP). Pobrano z lokalizacji IETF.org: <https://tools.ietf.org/html/rfc1098>.

⁷² IETF. (2016, 08 20). IETF.org. Pobrano z lokalizacji A Simple Network Management Protocol (SNMP): <https://tools.ietf.org/html/rfc1157>.

- tryb odczytu-zapisu (read-write), w którym protokół udostępnia informacje na żądanie (SNMP GET) oraz pozwala ustawiać niektóre parametry systemu na żądanie (SNMP SET), wpływające na parametry działania systemów ICT.

W trakcie ewolucji tego protokołu powstały trzy wersje rozwojowe różniące się właściwościami oraz metodami zabezpieczeń, jednakże co do zasady działanie protokołu pozostało niezmiennie. Późniejsza wersja 2c została zdefiniowana w dokumentach RFC: RFC 1901–1908⁷³, a wersja 3 – w dokumentach RFC 3411–3418⁷⁴.

Koncepcja działania protokołu opiera się na trzech elementach składowych:

- urządzenia zarządzanego, którym jest dowolny element systemu ICT mający wbudowany interfejs zarządzający protokołu SNMP, umożliwiającą jednokierunkowe (read-only) lub dwukierunkowe (read-write) działanie protokołu,

⁷³ IETF. (2016, 08 20). Introduction to Community-based SNMPv2. Pobrano z lokalizacji IETF.org: <https://tools.ietf.org/html/rfc1901>.

IETF. (2016, 08 20). Structure of Management Information for Version 2 of the Simple Network Management Protocol (SNMPv2). Pobrano z lokalizacji IETF.org: <https://tools.ietf.org/html/rfc1902>.

IETF. (2016, 08 20). Textual Conventions for Version 2 of the Simple Network Management Protocol (SNMPv2). Pobrano z lokalizacji IETF.org: <https://tools.ietf.org/html/rfc1903>.

IETF. (2016, 08 20). Conformance Statements for Version 2 of the Simple Network Management Protocol (SNMPv2). Pobrano z lokalizacji IETF.org: <https://tools.ietf.org/html/rfc1904>.

IETF. (2016, 08 20). Protocol Operations for Version 2 of the Simple Network Management Protocol (SNMPv2). Pobrano z lokalizacji IETF.org: <https://tools.ietf.org/html/rfc1905>.

IETF. (2016, 08 20). Transport Mappings for Version 2 of the Simple Network Management Protocol (SNMPv2). Pobrano z lokalizacji IETF.org: <https://tools.ietf.org/html/rfc1906>.

IETF. (2016, 08 20). Management Information Base for Version 2 of the Simple Network Management Protocol (SNMPv2). Pobrano z lokalizacji IETF.org: <https://tools.ietf.org/html/rfc1907>.

IETF. (2016, 08 20). Coexistence between Version 1 and Version 2 of the Internet-standard Network Management Framework. Pobrano z lokalizacji IETF.org: <https://tools.ietf.org/html/rfc1908>.

⁷⁴ IETF. (2016, 08 22). An Architecture for Describing Simple Network Management Protocol (SNMP) Management Frameworks. Pobrano z lokalizacji IETF.org: <https://tools.ietf.org/html/rfc3411>.

IETF. (2016, 08 22). Message Processing and Dispatching for the Simple Network Management Protocol (SNMP). Pobrano z lokalizacji IETF.org: <https://tools.ietf.org/html/rfc3412>.

IETF. (2016, 08 22). Simple Network Management Protocol (SNMP) Applications. Pobrano z lokalizacji IETF.org: <https://tools.ietf.org/html/rfc3413>.

IETF. (2016, 08 22). User-based Security Model (USM) for version 3 of the Simple Network Management Protocol (SNMPv3). Pobrano z lokalizacji IETF.org: <https://tools.ietf.org/html/rfc3414>.

IETF. (2016, 08 22). View-based Access Control Model (VACM) for the Simple Network Management Protocol (SNMP). Pobrano z lokalizacji IETF.org: <https://tools.ietf.org/html/rfc3415>.

IETF. (2016, 08 22). Version 2 of the Protocol Operations for the Simple Network Management Protocol (SNMP). Pobrano z lokalizacji IETF.org: <https://tools.ietf.org/html/rfc3416>.

IETF. (2016, 08 22). Transport Mappings for the Simple Network Management Protocol (SNMP). Pobrano z lokalizacji IETF.org: <https://tools.ietf.org/html/rfc3417>.

IETF. (2016, 08 22). Management Information Base (MIB) for the Simple Network Management Protocol (SNMP). Pobrano z lokalizacji IETF.org: <https://tools.ietf.org/html/rfc3418>.

- agenta, stanowiącego oprogramowanie zaimplementowane na urządzeniu ICT, które tworzy interfejs SNMP na urządzeniu oraz posiada wiedzę na temat stanu urządzenia i potrafi tłumaczyć stany urządzenia na komunikaty protokołu SNMP,
- stacji zarządzającej, która posiada oprogramowanie zdolne do współpracy z agentami SNMP zainstalowanymi na urządzeniach zarządzanych w systemach ICT.

Zarządzanie Incydentami⁷⁵ jest procesem, który obejmuje reakcje na wszelkie zdarzenia zakłócające pracę systemów ICT. Są to zdarzenia zgłaszane⁷⁶:

- bezpośrednio przez użytkowników końcowych systemów ICT z wykorzystaniem centrum obsługi,
- pośrednio przez kanał komunikacyjny między procesami zarządzania zdarzeniami oraz zarządzania incydentami.

Incydent⁷⁷ to nieplanowana przerwa w działaniu systemów ICT lub obniżenie jego wydajności. Incydent to również nieplanowana awaria elementu systemów ICT pracującego w konfiguracji o podwyższonej niezawodności, która nie powoduje przerwy w ich działaniu.

Zarządzanie incydentami jest jednym z głównych procesów w utrzymaniu systemów ICT⁷⁸. Często jest jednym z pierwszych procesów metodologii ITIL wdrażanych w ramach projektów utrzymania systemów ICT w przedsiębiorstwie⁷⁹. Zarządzanie incydentami można wykorzystać do zwrócenia uwagi na inne obszary, które wymagają podjęcia stosownych działań, uzasadniając w ten sposób wydatki ponoszone na wdrożenie innych procesów utrzymania systemów ICT. Wartość jaką wnosi proces zarządzania incydentami opiera się na⁸⁰:

⁷⁵ ITIL Service Operations, OGC, 2007, London, TSO (The Stationery Office), strony 46-55.

⁷⁶ Ibid, strona 46.

⁷⁷ ITIL Glossary and Abbreviations, English Version, Axelos, 2011, https://www.axelos.com/Corporate/media/Files/Glossaries/ITIL_2011_Glossary_GB-v1-0.pdf, strona 29.

⁷⁸ ITSM.TOOLS forum, Who Has Adopted Which ITSM and ITIL Processes?, Stephen Mann, 2016 December 14, <https://itsm.tools/2016/12/14/who-has-adopted-which-itsm-and-til-processes/>, strona 1.

⁷⁹ ITIL Service Operations, OGC, 2007, London, TSO (The Stationery Office), strona 47.; ServiceNOW Community, "NowForum: Get More Out Of Your IT Service Management Tool", 2013 October 3, Stephen Mann, <https://community.servicenow.com/community/blogs/blog/2013/10/03/1338>, strona 1.

⁸⁰ ITIL Service Operations, OGC, 2007, London, TSO (The Stationery Office), strona 47.

- wykrywaniu i rozwiązywaniu incydentów (usuwaniu awarii), które prowadzą do skrócenia czasów przestoju, co z kolei przekłada się na większą dostępność systemów ICT,
- dostosowaniu działań systemów ICT do bieżących priorytetów biznesowych,
- gromadzeniu danych w celu identyfikowania potencjalnych udoskonaleń.

Aby skutecznie obsługiwać wystąpienia incydentów w systemach ICT należy wcześniej ustalić model obsługi incydentów, będący częścią procesu zarządzania incydentami. Model procesu zarządzania incydentami to metoda podziału ich obsługi na etapy, które należy podjąć, żeby przeprowadzić w całości uzgodniony proces. Zwykle uzgodniony wcześniej model procesu zarządzania incydentami jest zakodowany w oprogramowanie do obsługi incydentów⁸¹, które jest wykorzystywane do wspierania tego procesu. Gwarantuje to zarządzanie incydentami w sposób zgodny z projektem, zatwierdzony oraz zgodnie z wcześniej określonymi wymogami biznesowymi. Model procesu zarządzania incydentami powinien zawierać⁸²:

- podział na etapy, które należy podjąć w trakcie zajmowania się incydentami,
- chronologiczną kolejność, w jakiej etapy należy wykonać wraz z określeniem wszelkich zależności lub procesów towarzyszących,
- zakresy obowiązków, określające kto powinien wykonywać dany etap,
- terminy i maksymalne czasy progowe wykonania etapów i poszczególnych działań,
- procedury eskalacji, określające z kim i kiedy należy się skontaktować, jeżeli nie jest możliwe wykonanie danego etapu,
- wszelkie działania w zakresie zabezpieczania i zbierania informacji w trakcie obsługi incydentów.

Do rekomendowanych etapów w procesie obsługi incydentów należą⁸³ (rys. 1.11):

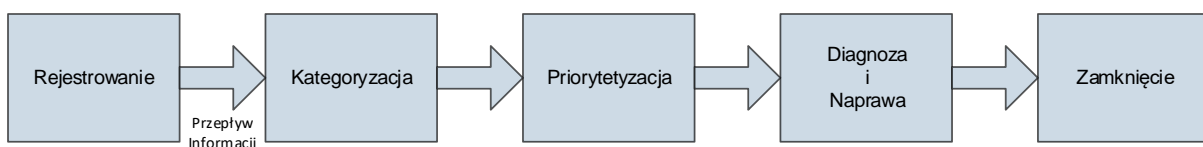
1. Rejestrowanie. Wszystkie incydenty muszą zostać w pełni zarejestrowane i opatrzone atrybutami daty / czasu niezależnie od tego, czy zostały zgłoszone w centrum obsługi lub czy zostały automatycznie wykryte w ramach systemów monitoringu.

⁸¹ Oprogramowanie ITSM

⁸² ITIL Service Operations, OGC, 2007, London, TSO (The Stationery Office), strona 47.

⁸³ Ibid, strony 48-53.

2. Kategoryzowanie. Kolejnym z etapów obsługi incydentów jest zakodowanie odpowiedniej kategoryzacji incydentu, w celu zarejestrowania dokładnego typu zgłoszenia. Będzie to ważne później - w trakcie analizy typów/częstości incydentów w celu ustalenia trendów na potrzeby zarządzania problemami.
3. Nadawanie priorytetu. Priorytety można zazwyczaj ustalić przez uwzględnienie pilności (ang.: urgency)⁸⁴ danego incydentu (jak szybko potrzebne jest rozwiązanie) oraz wagi jego negatywnego wpływu (ang.: impact)⁸⁵ na systemy ICT. Wskaźnikiem wagi negatywnego wpływu incydentu jest często liczba użytkowników⁸⁶, których dany incydent dotyczy.
4. Diagnoza przyczyn oraz naprawa systemu ICT. Na tym etapie wykorzystywane są skrypty diagnostyczne i informacje o znanych i występujących błędach w systemach ICT, pozwalając na szybkie postawienie trafnej diagnozy. Zidentyfikowane wcześniej metody naprawy należy zastosować w celu przywrócenia systemu ICT do działania.
5. Zamknięcie incydentu. Obejmuje ono kontrolę wyników naprawy przez potwierdzenie z użytkownikiem końcowym zamierzonego działania systemu ICT. Zamknięcie następuje, gdy użytkownicy końcowi są usatysfakcjonowani i zgadzają się, że incydent można zamknąć.



Rys. 1.11 Proces zarządzania incydentami

Opracowanie własne na podstawie: ITIL Service Operations, OGC, 2007, London, TSO (The Stationery Office), strony 46-55.

⁸⁴ Urgency: Czas w jakim dany incydent spowoduje określony negatywny wpływ na system ICT. ITIL Glossary and Abbreviations, English Version, Axelos, 2011, https://www.axelos.com/Corporate/media/Files/Glossaries/ITIL_2011_Glossary_GB-v1-0.pdf, strona 64.; Spasic B. Markovic A., Information and Communication Technology Unit Service Management in a Non-profit Organization Using ITIL Standards, Management (1820-0222). 2013, Issue 66, strona 39-70.

⁸⁵ Impact: Miara negatywnego wpływu incydentu na system ICT. ITIL Glossary and Abbreviations, English Version, Axelos, 2011, https://www.axelos.com/Corporate/media/Files/Glossaries/ITIL_2011_Glossary_GB-v1-0.pdf, strona 29.

⁸⁶ University of Minesota, Information Technology, ServiceNow Incident: Determine the Impact, Urgency, and Priority of an Incident, ServiceNow Article ID KB0017332, 2017 January 04, strona 1.

Zarządzanie Problemami jest uwarunkowane wynikiem analizy danych pochodzących z procesu zarządzania incydentami, którą przeprowadza analityk. Na jej podstawie wskazuje on incydenty, które będą poddane dalszej analizie inżynierskiej⁸⁷, aby znaleźć ich źródłową przyczynę (ang.: RCA – root cause analysis)⁸⁸.

Problem⁸⁹ definiuje się jako nieznaną przyczynę przynajmniej jednego incydentu. Zarządzanie problemami to proces, którego głównymi celami są⁹⁰:

- zapobieganie powstawaniu incydentów,
- wyeliminowanie powtarzających się incydentów,
- zminimalizowanie negatywnych skutków istniejących incydentów.

Proces zarządzania problemami skupia się na diagnozowaniu źródłowych przyczyn powstawania incydentów oraz ustaleniu potencjalnych rozwiązań zgłoszonych problemów. Odpowiada także za wdrożenie rozwiązania finalnego, które ulepszy system ICT. Pomimo tego, że zarządzanie incydentami i problemami są osobnymi procesami, są one ze sobą powiązane i korzystają z tych samych źródeł danych.

Proces zarządzania problemami obejmuje trzy kroki⁹¹ (rys. 1.12), których istotą jest:

1. Wykrywanie problemów:
 - wykrycie nieznannej przyczyny przynajmniej jednego incydentu,
 - analiza (np. chronologiczna, trendów, metoda Pareto, ekspercka) incydentów przez analityków, która ustala, że istnieje lub prawdopodobnie istnieje problem źródłowy.
2. Rejestrowanie, kategoryzacja, nadawanie priorytetu, badanie oraz tworzenie wpisu w KEDB (ang.: Known Error Data Base)⁹² dla problemu:

⁸⁷ Wilson P., Dell L., Anderson G., 1993, „Root Cause Analysis: A Tool for Total Quality Management”, Milwaukee, Wisconsin: ASQ Quality Press, strony 8–17.

⁸⁸ RCA – metoda rozwiązywania problemów, która polega na dojściu do przyczyn ich występowania. ITIL Glossary and Abbreviations, English Version, Axelos, 2011, https://www.axelos.com/Corporate/media/Files/Glossaries/ITIL_2011_Glossary_GB-v1-0.pdf, strona 50.; Wilson P., Dell L., Anderson G., Root Cause Analysis: A Tool for Total Quality Management, Milwaukee, 1993, ASQ Quality Press, strona 8–17.

⁸⁹ Problem: ITIL Glossary and Abbreviations, English Version, Axelos, 2011, https://www.axelos.com/Corporate/media/Files/Glossaries/ITIL_2011_Glossary_GB-v1-0.pdf, strona 42.

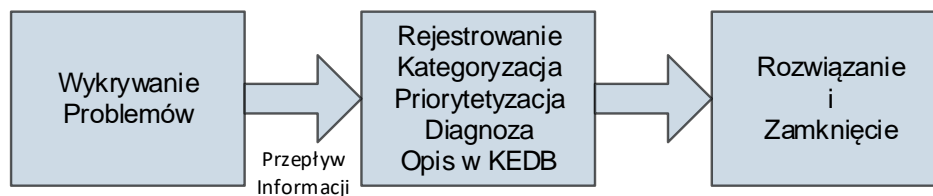
⁹⁰ ITIL Service Operations, OGC, 2007, London, TSO (The Stationery Office), strona 59.

⁹¹ Ibid, strony 60-64.

⁹² KEDB – Known Error Data Base: Baza danych zawierająca wszystkie wpisy związane z znanymi błędami w systemie ICT. ITIL Glossary and Abbreviations, English Version, Axelos, 2011,

- w opisie problemu należy umieścić odniesienie do incydentu(ów), które były powodem utworzenia zapisu problemu,
- problemy muszą zostać skategoryzowane w taki sam sposób jak incydenty (zaleca się również zastosowanie tego samego systemu kodowania),
- nadawanie priorytetów problemów – zaleca się nadawanie zgodnie z priorytetami incydentów,
- celem badania powinno być zdiagnozowanie przyczyn źródłowych problemów,
- tworzenie opisu błędów w bazie wiedzy (KEDB).

3. Rozwiązywanie i zamknięcie problemu.



Rys. 1.12 Proces zarządzania problemami

Opracowanie własne na podstawie: ITIL Service Operations, OGC, 2007, London, TSO (The Stationery Office), strony 60-65.

Przedstawiony przebieg procesów stanowi podstawę do opracowania modelu utrzymania systemów ICT w przedsiębiorstwie. Jednak aby model ten nie opierał się wyłącznie na rozważaniach teoretycznych, ważne znaczenie ma scharakteryzowanie przebiegu tych procesów dla określenia standardów utrzymania systemów ICT w praktyce – w toku studium przypadku.

1.2 Studium przypadku

Dla określenia standardów utrzymania systemów ICT w przedsiębiorstwie przeprowadzono analizę procesów ich utrzymania w firmie informatycznej Cisco Systems, która jest światowym liderem w dziedzinie technologii sieciowych.

Podstawą określenia standardów było studium procedur i instrukcji – tzw. książek obsługi utrzymania systemów ICT (ang.: runbook)⁹³ firmy Cisco Systems. W tab. 1.3

https://www.axelos.com/Corporate/media/Files/Glossaries/ITIL_2011_Glossary_GB-v1-0.pdf, strona 34.

⁹³ runbook: Zbiór procedur oraz instrukcji dla administratorów systemu ICT, <https://en.wikipedia.org/wiki/Runbook>, strona 1.

przedstawiono spis treści standardowej książki obsługi utrzymania systemów ICT w Cisco Systems, który odwzorowuje zawartość wszystkich książek obsługi w tej firmie.

Tab. 1.3 Spis treści „runbook”

Introduction
Service Overview
Changes to Service
Management connectivity and hybrid monitoring platform
Adding new devices to the network
Device deployment
Cisco Service Activation
Operate Services
Event Management
Monitoring Platform
Incident Management
Reporting an Incident
Incident Prioritization
P1 procedure
Incident Escalation
Problem Management
Change Management
Process Rules
Change Advisory Boards
Change Types
Service Level Management
Service Level Agreements
Network Availability
Service Level Exclusions

Opracowanie własne.

Przedstawiony spis treści może zostać rozszerzony o dodatkowe elementy, jednak podana zawartość stanowi minimalny zbiór elementów w utrzymaniu systemów ICT. W tablicy, kolorem, zaznaczono obszary, które muszą występować w utrzymaniu systemów ICT. Dotyczą one procesów:

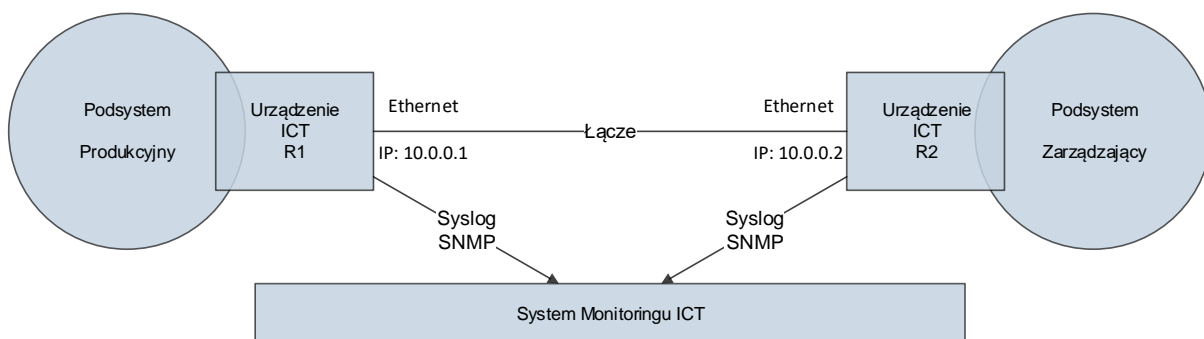
- zarządzania zdarzeniami,
- zarządzania incydentami,
- zarządzania problemami.

Zarządzanie Zdarzeniami w Cisco Systems obejmuje następujące zadania:

- sporządzanie i wdrażanie polityk w zakresie zarządzania zdarzeniami,
- ustalanie, czy doszło do zdarzenia przez monitorowanie protokołu syslog i SNMP,
- wdrażanie korelacji i filtrowania zdarzeń,
- odpowiednie reagowanie na poszczególne zdarzenia.

W dalszej kolejności proces zarządzania zdarzeniami zostanie przedstawiony w aspekcie sposobu klasyfikowania poszczególnych zdarzeń jako incydenty.

Funkcjonowanie procesu zarządzania zdarzeniami zostanie omówione na przykładzie awarii łącza pomiędzy dwoma urządzeniami systemu ICT. Przykład zakłada, że łącze jest łączem typu Ethernet oraz obsługiwane jest przez protokół wymiany routingu BGP na bazie protokołu komunikacyjnego IP. Rys 1.13 przedstawia model użyty w przykładzie badania działania procesu zarządzania zdarzeniami.



Rys. 1.13 System ICT oraz monitoring – przykład

Opracowanie własne.

Przykładowy system ICT składa się z urządzeń R1 oraz R2 połączonych łączem telekomunikacyjnym. W systemie produkcyjnym urządzenie R1 służy jako urządzenie telekomunikacyjne dla podsystemu produkcyjnego, a urządzenie R2 dla podsystemu zarządzania. W takim układzie każda awaria systemu ICT powoduje zmniejszenie niezawodności połączenia tych podsystemów. System monitoringu ICT zbiera informacje przy wykorzystaniu dedykowanych do tego łącz, za pomocą protokołów SNMP i syslog. Analizę procesu zarządzania zdarzeniami, w aspekcie sposobu klasyfikowania poszczególnych zdarzeń jako incydenty, przeprowadzono przy następujących założeniach:

- urządzenia systemu ICT będą wykorzystywały tylko protokół syslog do komunikacji z systemem monitoringu ICT,
- przykład będzie symulował awarię łącza między urządzeniami R1 i R2,
- w ramach przykładu, dla uproszczenia, pokazane zostaną tylko następujące obszary awarii łącza w systemie ICT:
 - awaria łącza ethernet,
 - awaria protokołu komunikacyjnego IP w następstwie awarii łącza ethernet,

- awaria protokołu routingu BGP w następstwie awarii protokołu komunikacyjnego IP.

W chwili awarii łącza między urządzeniami systemu ICT R1 i R2, system monitoringu ICT otrzyma następujące komunikaty za pomocą protokołu syslog:

1. Awaria łącza.

```
R1: 2017 Jan 17 11:45:01 MAD SPE7KRD %ETHPORT-5-IF_DOWN_LINK_FAILURE: Interface Ethernet is down (Link failure)
```

```
R2: 2017 Jan 17 11:45:01 MAD SPE7KRD %ETHPORT-5-IF_DOWN_LINK_FAILURE: Interface Ethernet is down (Link failure)
```

2. Awaria protokołu IP.

```
R1: Jan 17 11:45:01: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Ethernet, changed state to down
```

```
R2: Jan 17 11:45:01: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Ethernet, changed state to down
```

3. Awaria protokołów routingu BGP.

```
R1: 2017 Jan 17 11:45:01 MAD SPE7KRD %BGP-5-ADJCHANGE: bgp-65514 [3862] (Spe_Monolithic) neighbor 10.0.0.2 Down
```

```
R2: 2017 Jan 17 11:45:01 MAD SPE7KRD %BGP-5-ADJCHANGE: bgp-65514 [3862] (Spe_Monolithic) neighbor 10.0.0.1 Down
```

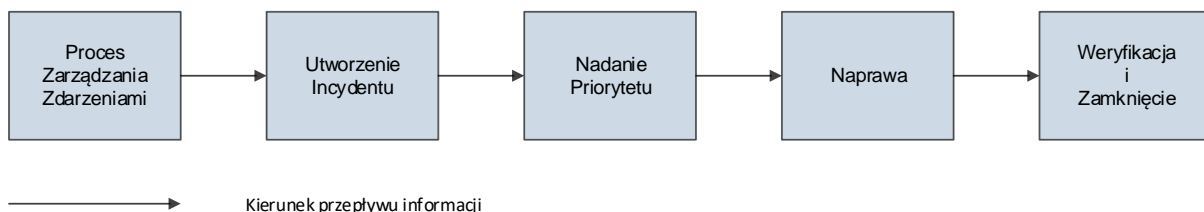
Wszystkie komunikaty są związane z tą samą awarią, co jest stwierdzone przez system monitorujący ICT na podstawie wcześniej skonfigurowanych powiązań urządzeń R1, R2 oraz łącza telekomunikacyjnego. Na podstawie komunikatów oraz informacji dotyczących relacji urządzeń następuje korelacja wszystkich sześciu zdarzeń i utworzenie jednego incydentu informującego o awarii łącza telekomunikacyjnego oraz wysłanie go do procesu zarządzania incydentami.

Zarządzanie Incydentami odpowiada za naprawy w systemie utrzymania systemów ICT. W ramach jego podstawowych etapów przedstawianych w książkach obsługi firmy Cisco Systems można wyróżnić (rys. 1.14):

- tworzenie incydentu – etap odpowiedzialny za utworzenie wpisu w systemie zarządzania systemami ICT związanego z przychodzącym zdarzeniem,
- przypisanie priorytetu do incydentu – etap związany z nadaniem incydentowi parametrów pilności oraz wpływu,
- naprawę – etap związany z wykonaniem czynności naprawczych związanych z przywróceniem systemu ICT do poprawnego działania,

- weryfikację oraz zamknięcie – etap odpowiedzialny za weryfikację wykonanej naprawy oraz zamknięcie incydentu w systemie zarządzania ICT.

Wyróżnione etapy są zgodne z najlepszymi praktykami branżowymi.



Rys. 1.14 Zarządzanie Incydentami – przykład

Opracowanie własne.

Incydenty są priorytetyzowane zgodnie z ich wpływem na system ICT (rozmiarem i stopniem złożoności incydentu) oraz zgodnie z tym, jak pilnie potrzebne jest rozwiązanie incydentu (czas, w jakim incydent ma zostać rozwiązany – awaria ma być usunięta).

Nadawanie priorytetów incydentom pozwala na osiągnięcie następujących celów⁹⁴:

- kierowanie przepływem zadań oraz przydzielanie zasobów w procesie zarządzania incydentami,
- zweryfikowanie wpływu i pilności incydentu oraz przetworzenie go na priorytet,
- spełnienie celów kontraktowych w zakresie utrzymania systemów ICT związanych z czasami powiadamiania oraz usunięcia awarii.

Na etapie tworzenia incydentu wyznaczona zostaje pilność oraz wpływ, co pozwala ustalić priorytet. Może się to odbyć na jeden z dwóch poniższych sposobów⁹⁵:

- ustawienie wartości domyślnych dla automatycznie generowanych zgłoszeń na podstawie konfiguracji zawartej w systemie zarządzania ICT,
- telefoniczny wniosek klienta o ręczne wygenerowanie zgłoszenia oraz ustawienie odpowiednich parametrów pilności i wpływu.

⁹⁴ Cisco, 2016, „CMS runbook template”, strony 8-12.

⁹⁵ Ibid, strony 8-12.

Wpływ incydentu definiowany jest jako miara negatywnego wpływu incydentu na system ICT (tab. 1.4). Wpływ jest często równoważny ze stopniem, w jakim dany incydent prowadzi do pogorszenia działania systemu ICT.

Tab. 1.4 Definicja wpływu incydentów

Wpływ (impact)	Definicje wpływu
Powszechny (Widespread)	Dotyczy całego systemu ICT
Duży (Large)	Dotyczy wielu komponentów systemu ICT
Lokalny (Localized)	Dotyczy jednego komponentu systemu ICT
Indywidualny (Individualized)	Dotyczy jednego użytkownika

Opracowanie własne.

Pilność incydentu definiowana jest jako czas w jakim dany incydent spowoduje określony negatywny wpływ na system ICT (tab. 1.5).

Tab. 1.5 Definicje pilności incydentów

Pilność (Urgency)	Definicje pilności
Krytyczna (Critical)	Zatrzymanie głównej funkcji biznesowej bez dostępnych systemów zapasowych. Mogą wystąpić natychmiastowe skutki finansowe dla przedsiębiorstwa. Klient klasyfikuje incydent na poziomie krytycznym
Wysoka (High)	Główna funkcja biznesowa uległa znacznemu pogorszeniu lub wymaga wsparcia systemu rezerwowego. Mogą wystąpić natychmiastowe skutki finansowe dla przedsiębiorstwa. Klient klasyfikuje incydent na poziomie wysokim
Średnia (Medium)	Zatrzymanie lub znaczne pogorszenie niekrytycznej funkcji biznesowej. Mogą wystąpić skutki finansowe dla przedsiębiorstwa. Klient klasyfikuje incydent na poziomie średnim
Niska (Low)	Znaczne pogorszenie niekrytycznej funkcji biznesowej. Brak lub niewielkie skutki finansowe. Klient klasyfikuje incydent na poziomie niskim

Opracowanie własne.

Połączenie wpływu oraz pilności tworzy priorytet incydentu. Informacje na temat sposobu ustalania priorytetu incydentu na podstawie wpływu i pilności znajdują się w tab. 1.6.

Tab. 1.6 Tworzenie priorytetów incydentów

		Wpływ			
		Powszechny	Duży	Lokalny	Indywidualny
Pilność	Krytyczna	P1	P1	P2	P2
	Wysoka	P1	P2	P2	P3
	Średnia	P2	P3	P3	P3
	Niska	P4	P4	P4	P4

Opracowanie własne.

Każdy z priorytetów zdefiniowany jest poprzez odpowiednie połączenie parametrów wpływu i pilności incydentu. Znaczenia poszczególnych priorytetów podane są w tab. 1.7.

Tab. 1.7 Oznaczenia priorytetów

Priorytet	Opis
P1	System ICT jest całkowicie niedostępny albo występuje w nim krytyczna awaria negatywnie oddziałująca na przedsiębiorstwo
P2	Działanie systemu ICT jest poważnie zakłócone lub też duża część działalności przedsiębiorstwa jest zagrożona
P3	Wydajność systemu ICT jest zmniejszona, jednakże większość kluczowych usług ICT działa poprawnie
P4	Klient wymaga dostępu do informacji lub incydent jest natury „kosmetycznej”

Opracowanie własne na podstawie Cisco Systems, Cisco Technical Services Resource Guide, 2017, strona 1,

https://www.cisco.com/en/US/services/ps2827/ps2978/services_overview0900aecd8039b86e.pdf

Każdy incydent utworzony w systemie zarządzania systemami ICT, oprócz informacji przekazanych z procesu zarządzania zdarzeniami, jest charakteryzowany dodatkowymi informacjami, które są dodawane na etapie jego tworzenia. Zakres tych informacji przedstawiono w tab. 1.8.

Dane opisujące stan każdego incydentu zmieniają się w trakcie jego cyklu obsługi oraz przybierają finalną postać opisaną w trakcie etapu zamknięcia incydentu. W tab. 1.9 pokazano stan incydentu na etapie zamknięcia.

Tab. 1.8 Opis incydentu na etapie tworzenia

Informacje zawarte w Incydencie		Opis
Nazwa Sygnału	Wartość	
Incident Number	INC1	Kolejny numer incydentu w systemie zarządzania systemami ICT
Urgency	Critical	Wartość parametru pilności: Critical, High, Medium, Low. Wartość nadawana na podstawie interpretacji zdarzeń przychodzących z procesu zarządzania zdarzeniami.
Impact	Localized	Wartość parametru wpływu: Widespread, Large, Localized, Individualized. Wartość nadawana na podstawie interpretacji zdarzeń przychodzących z procesu zarządzania zdarzeniami.
Assignee	<puste>	Imię i Nazwisko inżyniera przypisanego do obsługi incydentu, na etapie tworzenia incydentu pole jest puste
Description	Łącze DOWN	Tytuł incydentu
Device Name	R1, R2	Urządzenia, które są dotknięte awarią
Initial Notification Date	2017-01-17 11:46:05 UTC	Data i czas, w którym powiadomienie o przyjęciu incydentu zostało automatycznie wysłane do odbiorcy usługi lub użytkownika końcowego.
Resolution Category Tier 3	<puste>	Sposób rozwiązania incydentu, na etapie tworzenia pole jest puste
Service Restored Date	<puste>	Data i czas przywrócenia systemu ICT do działania, na etapie tworzenia incydentu pole jest puste. Wypełnia inżynier przypisany do obsługi incydentu.
Alert	Łącze R1-R2 DOWN	Szczegółowy opis incydentu.
Site	Lokalizacja numer 1	Nazwa lokalizacji w których mieszczą się urządzenia podane w polu "Device Name"
Submit Date	2017-01-17 11:45:01 UTC	Data i czas, w którym incydent został wykryty lub zgłoszony.
Time To Notify ⁹⁶ (Min)	1	Liczba minut, która upłynęła pomiędzy „Submit Date” i „Initial Notification Date”.
Time to Restore ⁹⁷ (Min)	<puste>	Liczba minut, która upłynęła pomiędzy „Submit Date” i „Initial Notification Date”. Na etapie tworzenia incydentu pole jest puste.
Total pending time (Min)	<puste>	Liczba minut która upłynęła w trakcie obsługi incydentu na czynnościach wykonywanych przez inne grupy wsparcia.

⁹⁶ Time to Notify: Czas pomiędzy rozpoczęciem awarii, a powiadomieniem klienta, zwykle drogą elektroniczną. Cisco Systems, Cisco Managed Service for Enterprise Service Level Objectives, 2017, https://www.cisco.com/c/dam/en_us/about/doing_business/legal/service_descriptions/docs/Service_Level_Objectives_Remote_Management_Services.pdf, strona 5.

⁹⁷ Time to Restore: Czas pomiędzy rozpoczęciem awarii, przywróceniem systemu ICT do działania. Ibid, strona 5.

Informacje zawarte w Incydencie		Opis
Nazwa Sygnału	Wartość	
TTN OK	1	Pole świadczące o dotrzymaniu zobowiązań kontraktowych związanych z czasem powiadamiania odbiorcy usługi lub użytkownika końcowego. Przyjmuje wartość 1=prawda lub 0=falsz
TTR OK	<puste>	Pole świadczące o dotrzymaniu zobowiązań kontraktowych związanych z czasem usunięcia awarii systemu ICT. Przyjmuje wartość 1=prawda lub 0=falsz. Na etapie tworzenia opisu incydentu puste.

Opracowanie własne.

Tab. 1.9 Opis incydentu na etapie zamknięcia

Informacje zawarte w Incydencie		Opis
Nazwa Sygnału	Wartość	
Incident Number	INC1	Kolejny numer incydentu w systemie zarządzania systemami ICT
Urgency	Critical	Wartość parametru pilności: Critical, High, Medium, Low. Wartość nadawana na podstawie interpretacji zdarzeń przychodzących z procesu zarządzania zdarzeniami.
Impact	Localized	Wartość parametru wpływu: Widespread, Large, Localized, Individualized. Wartość nadawana na podstawie interpretacji zdarzeń przychodzących z procesu zarządzania zdarzeniami.
Assignee	Imię, Nazwisko	Imię i Nazwisko inżyniera przypisanego do obsługi incydentu.
Description	Łącze DOWN	Tytuł incydentu
Device Name	R1, R2	Urządzenia, które są dotknięte awarią
Initial Notification Date	2017-01-17 11:46:05 UTC	Data i czas, w którym powiadomienie o przyjęciu incydentu zostało automatycznie wysłane do odbiorcy usługi lub użytkownika końcowego.
Resolution Category Tier 3	External Cause: self-recovery by service provider	Sposób rozwiązania / naprawy incydentu.
Service Restored Date	2017-01-17 11:55:01 UTC	Data i czas przywrócenia systemu ICT do działania, na etapie tworzenia incydentu pole jest puste. Wypełnia inżynier przypisany do obsługi incydentu.
Alert	Łącze R1-R2 DOWN	Szczegółowy opis incydentu.
Site	Lokalizacja numer 1	Nazwa lokalizacji w których mieszczą się urządzenia podane w polu "Device Name"
Submit Date	2017-01-17 11:45:01 UTC	Data i czas, w którym incydent został wykryty lub zgłoszony.
Time To Notify (Min)	1	Liczba minut, która upłynęła pomiędzy „Submit Date” i „Initial Notification Date”.

Informacje zawarte w Incydencie		Opis
Nazwa Sygnału	Wartość	
Time to Restore (Min)	10	Liczba minut, która upłynęła pomiędzy „Submit Date” i „Initial Notification Date”. Na etapie tworzenia incydentu pole jest puste.
Total pending time (Min)	0	Liczba minut która upłynęła w trakcie obsługi incydentu na czynnościach wykonywanych przez inne grupy wsparcia.
TTN OK	1	Pole świadczące o dotrzymaniu zobowiązań kontraktowych związanych z czasem powiadamiania odbiorcy usługi lub użytkownika końcowego. Przyjmuje wartość 1=prawda lub 0=falsz
TTR OK	1	Pole świadczące o dotrzymaniu zobowiązań kontraktowych związanych z czasem usunięcia awarii systemu ICT. Przyjmuje wartość 1=prawda lub 0=falsz.

Opracowanie własne.

Zarządzanie Problemami jest procesem mającym na celu ulepszanie systemów ICT przez wybór incydentów, które należy poddać dalszej analizie inżynierskiej⁹⁸ w celu zminimalizowania ich niekorzystnego wpływu. Problem, przez swoją definicję, zawiera w sobie podstawową przyczynę (root cause) występowania przynajmniej jednego incydentu. Do głównych celów procesu zarządzania problemami, opisanych w książkach obsługi firmy Cisco Systems, należą⁹⁹:

- zapobieganie problemom oraz wynikającym z nich incydentom – dzięki ulepszeniom systemów ICT zmniejszana jest liczba przyszłych incydentów, co pozytywnie wpływa na ich dostępność,
- eliminowanie powtarzających się incydentów – dzięki ulepszeniom systemów ICT zmniejszana jest liczba przyszłych powtarzających się incydentów, co pozytywnie wpływa na ich dostępność,
- minimalizowanie skutków incydentów, którym nie można zapobiec – dzięki ulepszeniom systemów ICT zmniejszany jest negatywny wpływ incydentów, których nie da się wyeliminować, co pozytywnie wpływa na dostępność systemów ICT.

Wyróżnione cele są zgodne z najlepszymi praktykami w branży.

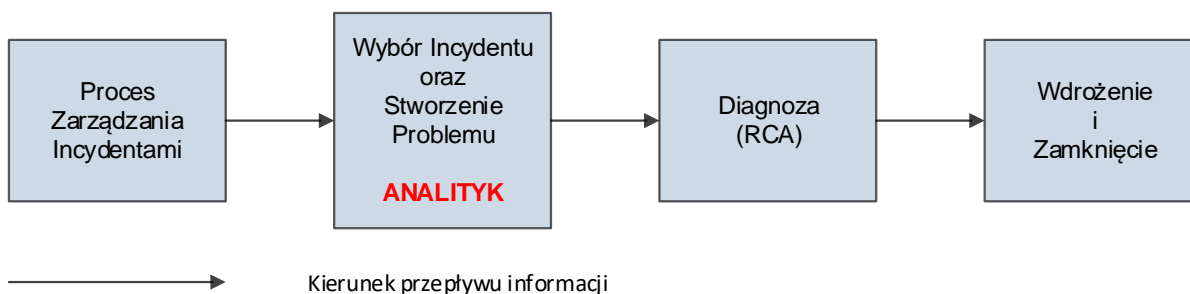
⁹⁸ Davis P., Root Cause Analysis, COBIT Focus, 2016, strona 1-2.

⁹⁹ Cisco, 2016, „CMS runbook template”, strony 13-14.

Praca analityków w ramach procesu zarządzania problemami obejmuje działania, których celem jest analizowanie danych pochodzących z procesu zarządzania incydentami oraz podejmowanie decyzji dotyczących incydentów, które należy poddać dalszej analizie. W firmie Cisco Systems działania te obejmują następujące typy zadań:

- analizę trendów – znalezienie trendów pozytywnych lub negatywnych w ciągu ostatnich 30 dni na podstawie danych o incydentach,
- analizę powtórzeń incydentów – każde trzykrotne wystąpienie incydentu w ciągu zadanego okresu czasu – zwykle trzech dni,
- dodatkową analizę ekspercką – badanie czy incydenty zostały obsłużone zgodnie z kontraktem podpisanym z klientem końcowym, na podstawie parametrów związanych z czasami powiadamiania klienta końcowego (TTN) i czasami skutecznego wdrożenia zaleceń naprawczych (TTR) oraz powiązanych z nimi parametrami wpływu i pilności incydentu,
- analizę przyczyn powstania incydentu – RCA (root cause analysis).

Rys. 1.15 przedstawia etapy procesu zarządzania problemami oraz ich następstwo. Obszar, w którym analityk dokonuje analizy incydentu i podejmuje decyzję o jego zakwalifikowaniu jako problem występuje w etapie „Wybór incydentu oraz Stworzenie Problemu”. Szybkość i trafność tej decyzji zależą od wiedzy i doświadczenia analityków, którzy w swojej pracy wykorzystują najczęściej proste metody, np. analizę chronologiczną, trendów, metodę Pareto, a także proste narzędzia (m.in. arkusze kalkulacyjne).

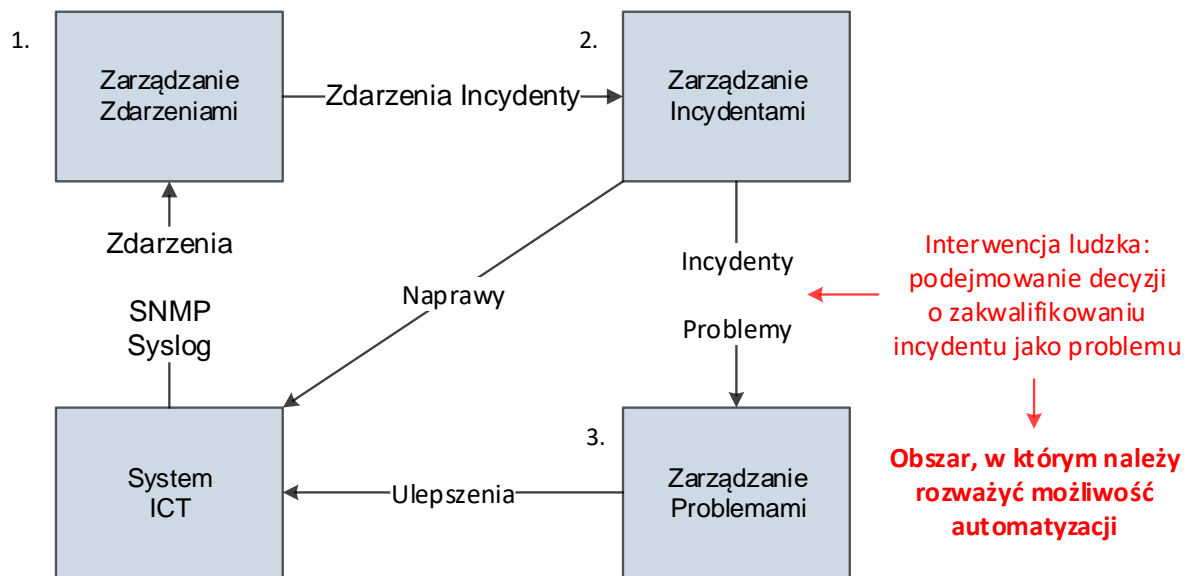


Rys. 1.15 Zarządzenie Problemami – przykład

Opracowanie własne.

1.3 Model utrzymania systemów ICT

Na podstawie przeprowadzonego studium literatury przedmiotu oraz studium przypadku opracowano model utrzymania systemów ICT, który przedstawiono na rys. 1.16.



Rys. 1.16 Model utrzymania systemów ICT

Opracowanie własne.

W opracowanym modelu odwzorowano trzy najważniejsze procesy utrzymania systemów ICT oraz relacje między nimi, które wynikają z następstw czasowych oraz pełnionych funkcji i realizowanych zadań. Uogólniając, relacje między poszczególnymi procesami utrzymania systemów ICT można opisać następująco:

1. Proces zarządzania zdarzeniami koncentruje się na zbieraniu danych z systemów ICT, ich wstępnej analizie, filtracji oraz przesyłaniu odpowiednich informacji do procesu zarządzania incydentami. Informacje dostępne z protokołów monitorowania systemów ICT, takich jak syslog oraz SNMP, generowane przez systemy ICT zbierane są w procesie zarządzania zdarzeniami. Informacje te mogą powiadamiać o statusie urządzeń lub też o nieprawidłowościach w ich działaniu. Wszystkie informacje uzyskane tą drogą klasyfikowane są jako zdarzenia. Efektem działania procesu zarządzania zdarzeniami jest poprawne zrozumienie komunikatów dostępnych z protokołów SNMP i syslog oraz ich poprawna interpretacja.
2. Informacje z procesu zarządzania zdarzeniami przekazywane są do procesu zarządzania incydentami, gdzie zostają zaklasyfikowane jako incydenty. Proces zarządzania incydentami realizuje naprawę awarii powstałych w systemach ICT. Pierwszeństwo tutaj ma przywrócenie działania systemu ICT wszelkimi metodami, co oznacza wykorzystywanie bardzo często rozwiązań tymczasowych dostępnych

w danej chwili, ale nie zawsze najodpowiedniejszych z punktu widzenia usunięcia przyczyny powstawania awarii. Efektem działania procesu zarządzania incydentami jest naprawa awarii w systemie ICT, czyli rozwiązanie incydentu.

3. Proces zarządzania problemami koncentruje się na wyszukiwaniu miejsc w systemach ICT, w których powinno się dokonać ulepszenia działania systemu ICT. Wyszukiwanie takich obszarów potencjalnych ulepszeń oparte jest głównie na wiedzy i doświadczeniu analityka, który wskazuje incydenty do dalszej analizy inżynierskiej i ewentualnie wdrożenia poprawek.

Reasumując, informacje dostępne z procesu zarządzania incydentami są analizowane w procesie zarządzania problemami pod względem ich negatywnego wpływu na systemy ICT, a na podstawie wiedzy i doświadczenia analityków są klasyfikowane jako problemy. Problemy zostają skierowane do dalszej analizy w celu wypracowania ulepszenia systemów ICT, które skutkują wyeliminowaniem przyczyn powstawania incydentów w przyszłości. Ulepszenia systemów ICT, jako jedno z wyjść procesu zarządzania problemami, powinny być wdrożone do systemu ICT w celu osiągnięcia pozytywnych efektów ulepszeń, a przez to osiągnięcia zmniejszenia liczby incydentów i awarii oraz podwyższenia dostępności systemów ICT.

Każdy z wymienionych procesów spełnia inną rolę, a współdziałając ze sobą nawzajem tworzą proces utrzymania systemów ICT. Proces zarządzania zdarzeniami odpowiada za zbieranie i interpretowanie zdarzeń występujących w systemach ICT. Rolą procesu zarządzania incydentami jest usuwanie bieżących awarii. Proces zarządzania problemami, przez wdrażanie ulepszeń, skutkuje zmniejszeniem liczby incydentów, czyli awarii. Wpływa to pozytywnie na dostępność systemów ICT, a w konsekwencji na poprawę niezawodności systemu produkcyjnego przedsiębiorstwa.

Należy podkreślić, że procesy zarządzania zdarzeniami oraz incydentami są w znacznej części zautomatyzowane¹⁰⁰. Natomiast z doświadczeń własnych autora pracy, związanych z wieloletnią pracą na stanowisku analityka systemów ICT, wynika, że warto zbadać możliwości dalszej automatyzacji procesów utrzymania systemów ICT dla poprawy ich

¹⁰⁰ Gościński T., „Analiza sygnałów z procesu zarządzania incydentami w systemach ICT i ich wykorzystanie w podejmowaniu decyzji z użyciem metod sztucznej inteligencji”, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria Organizacja i zarządzanie, Zeszyt 78, Gliwice 2015, strony 143-154.

dostępności w obszarze leżącym na połączeniu procesów zarządzania incydentami oraz problemami, który dotyczy podejmowania decyzji o zakwalifikowaniu incydentu jako problemu. Obszar ten na rys. 1.16 wskazano kolorem czerwonym.

2 Sformułowanie problemu badawczego, celów i hipotez oraz modelu procesu badawczego

Przeprowadzone w pkt 1 studium literatury przedmiotu oraz studium przypadku pozwoliły na opracowanie modelu utrzymania systemów ICT. Model ten odwzorowuje najważniejsze procesy utrzymania systemów ICT oraz relacje między nimi.

W opracowanym modelu wskazano obszar, w którym warto zbadać możliwości dalszej automatyzacji procesów utrzymania systemów ICT dla poprawy ich dostępności, która korzystanie wpłynie na niezawodność systemów produkcyjnych. Obszar ten dotyczy podejmowania decyzji o zakwalifikowaniu incydentu jako problemu. Obecnie decyzję tę podejmuje analityk, który na podstawie analizy incydentów stwierdza czy należy go zakwalifikować jako problem, a w konsekwencji – czy doprowadzić do ulepszenia systemu ICT przez usunięcie przyczyn powstania awarii, czy nie. Szybkość podejmowania decyzji o ulepszeniu oraz jej trafność zależą przede wszystkim od wiedzy i doświadczenia analityka, które mogą być niewystarczające. Z badań przeprowadzonych przez DimensionData¹⁰¹ wynika bowiem, że ludzie powodują największą liczbę błędów (32%) w utrzymaniu systemów ICT. Należy w tym miejscu zaznaczyć, że wyniki ich pracy opierają się na wykorzystaniu prostych metod i narzędzi analizy. Biorąc to pod uwagę można stwierdzić, że istnieje potrzeba opracowania rozwiązań, które będą wspomagały analityków systemów ICT i pozwolą na szybsze podejmowanie trafnych decyzji. Wydaje się, że rozwiązania te można opracować dzięki wykorzystaniu metod sztucznej inteligencji, przez ich implementację do wspierania podejmowania decyzji w zakresie ulepszenia systemów ICT.

Problem badawczy niniejszej pracy jest związany z określeniem możliwości dalszej automatyzacji procesów utrzymania systemów ICT, dla poprawy ich dostępności dzięki wykorzystaniu sztucznej inteligencji. W szczególności zaś chodzi o zbadanie możliwości zastosowania odpowiedniej metody sztucznej inteligencji w podejmowaniu decyzji o ulepszeniu systemów ICT, która wspomagałaby analityków tego systemu.

¹⁰¹ DimensionData. Network Barometer Report 2014. www.dimensiondata.com.
<https://www.dimensiondata.com/Global/Downloadable%20Documents/Network%20Barometer%20Report%202014.pdf>, strona 16.

Cel główny pracy został określony jako przeprowadzenie badań w zakresie możliwości wykorzystania sztucznej inteligencji i jej implementacji do wspierania podejmowania decyzji o ulepszaniu systemów utrzymania ICT.

Osiągnięcie celu głównego implikuje konieczność przeprowadzenia badań w zakresie dwóch następujących zagadnień:

1. Określenie metody sztucznej inteligencji, którą można wykorzystać w utrzymaniu systemów ICT do wspierania podejmowania decyzji o ich ulepszaniu w ramach procesu zarządzania problemami.
2. Adaptacja określonej metody sztucznej inteligencji dla jej wykorzystania do wspierania podejmowania decyzji o ulepszaniu systemów ICT w ramach procesu zarządzania problemami.

Z przedstawionych zagadnień badawczych, których rozwiązanie jest niezbędne dla osiągnięcia celu głównego, wynikają następujące **cele cząstkowe** pracy:

1. Analiza sygnałów z procesu zarządzania incydentami w systemach ICT dla wyboru metody sztucznej inteligencji, którą można wykorzystać do wspierania podejmowania decyzji o ulepszaniu systemów ICT w procesie zarządzania problemami.
2. Określenie istotności i przydatności sygnałów z procesu zarządzania incydentami w systemach ICT w aspekcie możliwości ich wykorzystania do wspierania podejmowania decyzji o ulepszaniu systemów ICT z wykorzystaniem wybranej metody sztucznej inteligencji.
3. Zgromadzenie wiedzy eksperckiej w zakresie sygnałów decydujących o ulepszaniu systemów ICT w formie umożliwiającej jej wykorzystanie przez wybraną metodę sztucznej inteligencji.
4. Implementacja wybranej metody sztucznej inteligencji do procesu podejmowania decyzji o ulepszaniu systemów ICT.

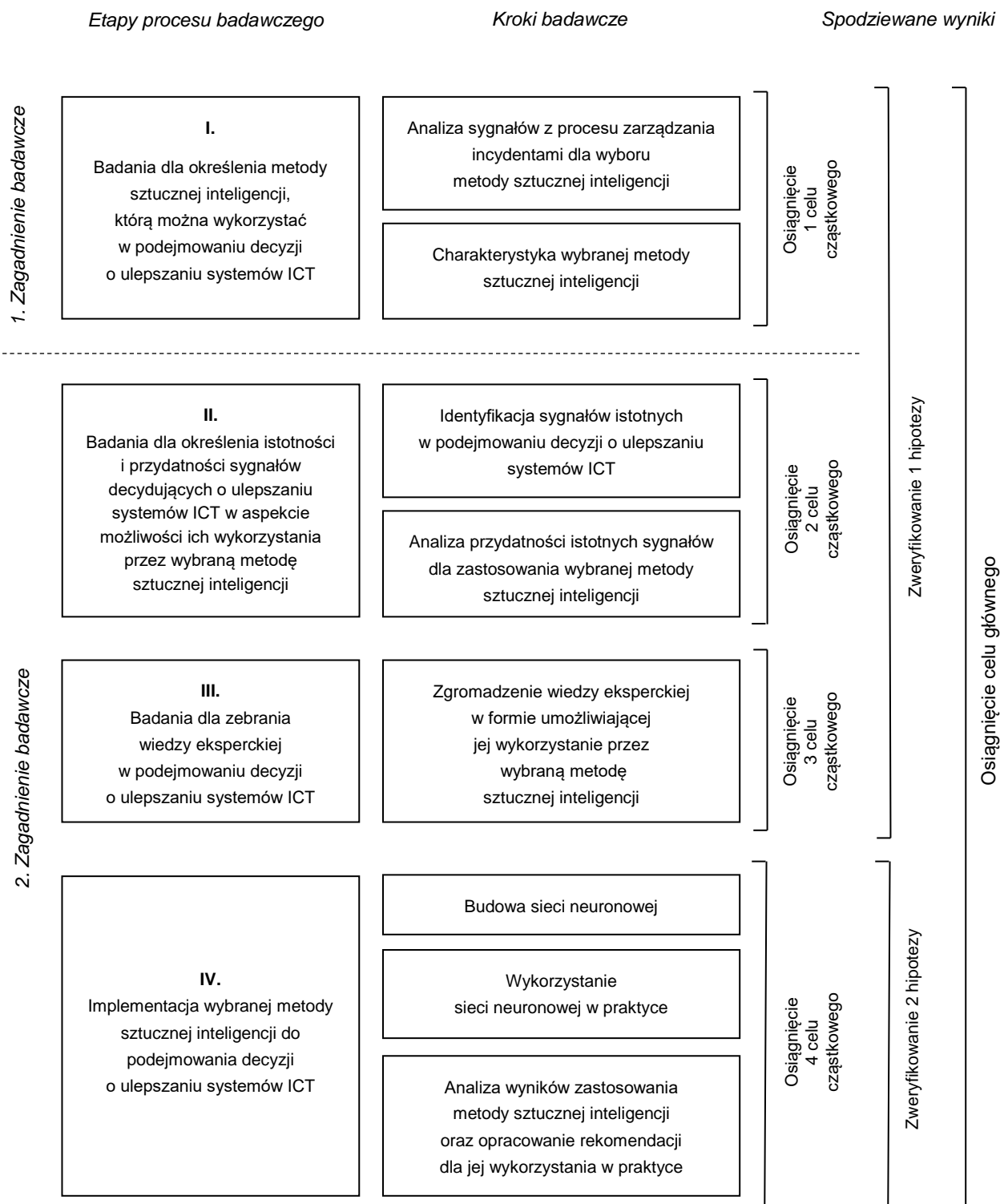
W nawiązaniu do sformułowanego problemu badawczego oraz określonych celów – głównego oraz cząstkowych – przyjęto następujące **hipotezy badawcze** pracy:

- H1. Istnieje możliwość wykorzystania sztucznej inteligencji do dalszej automatyzacji utrzymania systemów ICT dla wspierania analityków w podejmowaniu decyzji o ulepszaniu tych systemów.
- H2. Wykorzystanie określonej metody sztucznej inteligencji wpłynie na skrócenie czasu podejmowania trafnych decyzji o ulepszaniu systemów ICT, a więc przyczyni się do poprawy ich dostępności, a w konsekwencji niezawodności systemów produkcyjnych.

Osiągnięcie przyjętych celów oraz zweryfikowanie hipotez wymaga przeprowadzenia badań. Na rys. 2.1 przedstawiono **model procesu badawczego**, który odwzorowuje przyjęte etapy tego procesu, opisane w kolejnych rozdziałach pracy.

Rozdz. 3 przedstawia wyniki realizacji I etapu procesu badawczego, który został podzielony na dwa kroki. Pierwszy z nich (pkt 3.1) był ukierunkowany na osiągnięcie 1. celu cząstkowego pracy i obejmował analizę sygnałów z procesu zarządzania incydentami w systemach ICT dla wyboru metody sztucznej inteligencji, którą można wykorzystać do wspierania podejmowania decyzji o ulepszaniu systemów ICT w procesie zarządzania problemami. W drugim kroku badawczym (pkt 3.2) wybraną metodę scharakteryzowano, w celu przedstawienia podstaw dla jej implementacji do procesu podejmowania decyzji o ulepszaniu systemów ICT.

Rozdz. 4 przedstawia wyniki realizacji II etapu procesu badawczego. Etap ten był ukierunkowany na osiągnięcie 2. celu cząstkowego pracy. Został on podzielony na dwa kroki. Pierwszy (pkt 4.1) obejmował badania w zakresie istotności sygnałów z procesu zarządzania incydentami w systemach ICT w aspekcie ich wykorzystania do wspierania podejmowania decyzji o ulepszaniu systemów ICT przy użyciu wybranej metody sztucznej inteligencji. Celem tych badań było zidentyfikowanie sygnałów istotnych, stanowiących podstawę podejmowania decyzji o zakwalifikowaniu incydentu jako problemu. W drugim kroku badawczym (pkt 4.2) przeprowadzono analizę sygnałów istotnych pod względem ich przydatności do wykorzystania w wybranej metodzie sztucznej inteligencji.



Rys. 2.1 Model procesu badawczego

Opracowanie własne.

Rozdz. 5 przedstawia wyniki realizacji III etapu procesu badawczego, który był ukierunkowany na osiągnięcie 3. celu częściowego pracy, czyli zebranie wiedzy eksperckiej, a następnie jej zapisanie w formie zrozumiałej dla wybranej metody sztucznej inteligencji.

Rozdz. 6 przedstawia wyniki realizacji IV etapu procesu badawczego. Był on ukierunkowany na osiągnięcie 4. celu częściowego pracy. Etap ten podzielono na trzy kroki badawcze. Pierwszy (pkt 6.1) obejmował implementację wybranej metody sztucznej inteligencji do procesu podejmowania decyzji o ulepszaniu systemów ICT. W drugim kroku (pkt 6.2) opracowane rozwiązania zastosowano w praktyce, na trzech przykładach. W trzecim kroku (pkt 6.3) przeprowadzono analizę wyników zastosowania wybranej metody sztucznej inteligencji w praktyce oraz opracowano rekomendacje dla jej wykorzystywania.

Rozdział końcowy przedstawia podsumowanie przeprowadzonych badań z odniesieniem uzyskanych wyników do sformułowanych celów i hipotez badawczych.

3 Badania dla określenia metody sztucznej inteligencji, którą można wykorzystać w podejmowaniu decyzji o ulepszaniu systemów ICT

3.1 Analiza sygnałów z procesu zarządzania incydentami dla wyboru metody sztucznej inteligencji

„Sztuczna Inteligencja” to ogólnie ujęte zagadnienia wspomagania komputerowego pewnych procesów myślowych takich jak wnioskowanie, dowodzenie hipotez, rozgrywanie gier, podejmowanie decyzji¹⁰². Pojęcie to zostało wprowadzone umownie i zaakceptowane na całym świecie. Obecnie obejmuje następujące zagadnienia¹⁰³:

- system ekspertowy – znajduje zastosowanie, gdy wiedza ekspercka jest dobrze zdefiniowana oraz prezentowana przy pomocy możliwych do opisanie reguł „jeżeli...to”, jest jednak mało przydatny, gdy wnioskowanie opiera się na niepełnej wiedzy¹⁰⁴,
- logika rozmyta – używana głównie w sytuacjach, w których nie istnieje wiedza kwantyfikowalna,
- sieć neuronowa – oprogramowanie składające się z symulowanych odpowiedników neuronów połączonych w większe struktury, która posiada właściwość generalizacji¹⁰⁵, co pozwala podawać prawidłowy wynik na podstawie danych wejściowych innych niż te, na których została wytrenowana,

¹⁰² Grzech A. (red.), Inżynieria Wiedzy i systemy ekspertowe, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2006, Tom II, strona 15-62, 125-170, 239-248, 317-382.; Bojar W., Rostek K., Knopik L., Systemy Wspomagania Decyzji, ZIP Zarządzanie i Inżynieria Produkcji, Warszawa, 2014, 278-311.

¹⁰³ Łęski J., Systemy neuronowo-rozmyte, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2008, strona 5-10.

¹⁰⁴ Niederliński A., Regułowo-modelowe systemy ekspertowe rmse, Wydawnictwo Pracownia Komputerowa Jacka Skalmierskiego, Gliwice 2013, strona 1-27.

¹⁰⁵ Generalizacja sieci neuronowych. Kamimura R., Kamimura T., Shultz T. R., Information theoretic competitive learning and linguistic rule acquisition, Transactions of the Japanese Society for Artificial Intelligence vol. 16, no. 2, 2001, strona 287–298.; Kamimura R., Simplified Information Maximization for Improving Generalization Performance in Multilayered Neural Networks, Mathematical Problems in Engineering. 3/28/2016, strona 1-17.

- algorytmy ewolucyjne – działające na podstawie ewolucyjnego podejścia do rozwiązywania problemów, znajdują zastosowanie głównie w obszarach, w których jest konieczne odtworzenie sekwencji wykonywanych reguł.

Dla wskazania metody sztucznej inteligencji, którą można wykorzystać do wspomaganie pracy analityka systemu ICT, w szczególności do analizy incydentów i ich kwalifikowaniu jako problemy, w pierwszej kolejności określono przybierane wartości sygnałów występujących w procesie zarządzania incydentami w systemach monitoringu ICT. Informacje o nich zostały przedstawione w tab. 3.1.

Tab. 3.1 Sygnały z procesu zarządzania incydentami – przybierane wartości

Nazwa Sygnału	Opis	Przybierane wartości
Assignee	Identyfikator inżyniera przypisanego do pracy nad danym incydentem	Wartość opisowa Imię i Nazwisko zależna od grupy wsparcia która pracuje nad rozwiązaniem incydentu
Description	Krótki opis czego dotyczy incydent	Wartość opisowa zależna od przykładu
Device Name	Nazwa urządzenia, którego dotyczy incydent	Wartość opisowa zależna od przykładu
Impact	Wpływ Incydentu na systemy ICT. Mieści się on w czterech (4) kategoriach: Widespread, Large, Localized, Individual	Wartość tekstowa przyjmująca cztery wartości: Widespread, Large, Localized, Individual
Incident Number	Unikalny identyfikator incydentu w systemie utrzymania ICT	Wartość opisowa zawierająca kod klienta oraz numer kolejnego incydentu
Initial Notification Date	Data i czas, w którym zostało wysłane wstępne powiadomienie do klienta o wykryciu incydentu. Na podstawie różnicy czasów od powstania incydentu do wysłania wstępnego powiadomienia wyliczany jest czas powiadomienia. (Time To Notify – TTN)	Wartość daty i czasu zakodowana jako integer
Resolution Category Tier 3	Kategoria w jakie został umieszczony incydent po jego rozwiązaniu. Kategorie te grupują oraz pokazują potencjalne przyczyny powstawania incydentów. Wartość jest nadawana przez inżyniera pracującego nad incydentem, a wybierana jest z dostępnej listy kategorii.	Wartość opisowa zależna od przykładu
Service Restored Date	Data i czas w jakim usługa została przywrócona do działania. Na podstawie różnicy czasów od powstania incydentu do czasu przywrócenia usługi do działania wylicza się czas odzyskania usługi (Time To Restore – TTR)	Wartość daty i czasu zakodowana jako integer
Site	Nazwa lokalizacji w jakiej zlokalizowany jest incydent	Wartość opisowa zależna od przykładu

Nazwa Sygnału	Opis	Przybierane wartości
Alert	Szczegółowy opis incydentu	Wartość opisowa zależna od przykładu oraz inżyniera grupy wsparcia
Submit Date	Data i czas, kiedy incydent pokazał się w systemie utrzymania ICT dla inżynierów	Wartość daty i czasu zakodowana jako integer
Time To Notify (Min)	Pokazuje czas w minutach w jakim zostało wysłane powiadomienie do klienta końcowego	Ilość minut zakodowana jako integer
Time to Restore (Min)	Pokazuje czas w minutach w jakim została przywrócona usługa do działania	Ilość minut zakodowana jako integer
Total Pending Time (Min)	Czas w jakim incydent był obsługiwany przez firmy podwykonawcze, klienta lub osoby trzecie	Ilość minut zakodowana jako integer
TTN OK	Pokazuje, czy został spełniony kontraktowy warunek wysłania powiadomienia do klienta końcowego w umówionym czasie.	Wartość logiczna typu boolowskiego. 1=prawda, 0=falsz
TTR OK	Pokazuje, czy został spełniony kontraktowy warunek usunięcia awarii w umówionym czasie.	Wartość logiczna typu boolowskiego. 1=prawda, 0=falsz
Urgency	Pilność incydentu: Critical, High, Medium, Low	Wartość tekstowa przyjmująca cztery wartości: Critical, High, Medium, Low
Associated PBI	Informacja czy w ramach pracy analityków w procesie zarządzania problemami został przypisany problem do danego incydentu. Wartość 1 oznacza, że analityk wskazał dany incydent do dalszej analizy. Wartość 0 wskazuje, że incydent nie został zakwalifikowany do dalszej analizy. Na podstawie tych informacji będzie weryfikowane działanie modelu.	Wartość logiczna typu boolowskiego. 1=prawda, 0=falsz

Opracowanie własne.

Z tab. 3.1 wynika, że sygnały dostępne z procesu zarządzania incydentami można podzielić na dwie grupy:

- kwantyfikowalne, których wartości można ująć ilościowo,
- opisowe (jakościowe) nie dające się bezpośrednio ująć ilościowo, które są zależne od przykładu.

W tab. 3.2 przedstawiono dostępne sygnały z procesu zarządzania incydentami ze wskazaniem, czy można je ująć ilościowo.

Tab. 3.2 Sygnały z procesu zarządzania incydentami – podział na kwantyfikowalne oraz opisowe zależne od przykładu

Nazwa Sygnału	Opis	Kwantyfikowalny / Opisowy
Assignee	Identyfikator inżyniera przypisanego do pracy nad danym incydem	Kwantyfikowalny
Description	Krótki opis czego dotyczy incydent	Opisowy, zależny od przykładu
Device Name	Nazwa urządzenia, którego dotyczy incydent	Opisowy, zależny od przykładu
Impact	Wpływ Incydemu na systemy ICT. Mieści się on w czterech (4) kategoriach: Widespread, Large, Localized, Individual	Kwantyfikowalny
Incident Number	Unikalny identyfikator incydemu w systemie utrzymania ICT	Opisowy, zależny od przykładu
Initial Notification Date	Data i czas, w którym zostało wysłane wstępne powiadomienie do klienta o wykryciu incydemu. Na podstawie różnicy czasów od powstania incydemu do wysłania wstępnego powiadomienia wyliczany jest czas powiadomienia. (Time To Notify – TTN)	Kwantyfikowalny
Resolution Category Tier 3	Kategoria w jakie został umieszczony incydent po jego rozwiązaniu. Kategorie te grupują oraz pokazują potencjalne przyczyny powstawania incydemów. Wartość jest nadawana przez inżyniera pracującego nad incydemem, a wybierana jest z dostępnej listy kategorii.	Opisowy, zależny od przykładu
Service Restored Date	Data i czas w jakim usługa została przywrócona do działania. Na podstawie różnicy czasów od powstania incydemu do czasu przywrócenia usługi do działania wylicza się czas odzyskania usługi (Time To Restore – TTR)	Kwantyfikowalny
Site	Nazwa lokalizacji w jakiej zlokalizowany jest incydent	Opisowy, zależny od przykładu
Alert	Szczegółowy opis incydemu	Opisowy, zależny od przykładu
Submit Date	Data i czas, kiedy incydent pokazał się w systemie utrzymania ICT dla inżynierów	Kwantyfikowalny
Time To Notify (Min)	Pokazuje czas w minutach w jakim zostało wysłane powiadomienie do klienta końcowego	Kwantyfikowalny
Time to Restore (Min)	Pokazuje czas w minutach w jakim została przywrócona usługa do działania	Kwantyfikowalny
Total Pending Time (Min)	Czas w jakim incydent był obsługiwany przez firmy podwykonawcze, klienta lub osoby trzecie	Kwantyfikowalny

Nazwa Sygnału	Opis	Kwantyfikowalny / Opisowy
TTN OK	Pokazuje, czy został spełniony kontraktowy warunek wysłania powiadomienia do klienta końcowego w umówionym czasie.	Kwantyfikowalny
TTR OK	Pokazuje, czy został spełniony kontraktowy warunek usunięcia awarii w umówionym czasie.	Kwantyfikowalny
Urgency	Pilność incydentu: Critical, High, Medium, Low	Kwantyfikowalny
Associated PBI	Informacja czy w ramach pracy analityków w procesie zarządzania problemami został przypisany problem do danego incydentu. Wartość 1 oznacza, że analityk wskazał dany incydent do dalszej analizy. Wartość 0 wskazuje, że incydent nie został zakwalifikowany do dalszej analizy. Na podstawie tych informacji będzie weryfikowane działanie modelu.	Kwantyfikowalny

Opracowanie własne.

Z danych zawartych w tab. 3.2 wynika, że większość sygnałów, które są dostępne z procesu zarządzania incydentami ma wartości kwantyfikowalne. Sztuczna inteligencja będzie podejmować decyzje na podstawie danych, które są z poza zbioru bazy wiedzy eksperckiej, gdyż dane historyczne na podstawie których będzie podejmować decyzje będą pochodziły z systemu monitoringu ICT (analiza przykładów – patrz pkt. 6.2). Podejmowanie decyzji na podstawie danych spoza zbioru bazy wiedzy eksperckiej wskazuje na to, że metoda sztucznej inteligencji powinna posiadać cechę generalizacji. Uzyskanie odpowiedzi z systemu sztucznej inteligencji będzie również opierało się na wykorzystaniu danych niepełnych ze względu na to, że nie wszystkie sygnały dostępne z systemu ICT są brane pod uwagę przez ekspertów w trakcie analizy (sygnały istotne – patrz pkt. 4.1) oraz nie wszystkie sygnały są kwantyfikowalne. Ponadto celem pracy jest osiągnięcie wyników porównywalnych z wynikami ekspertów, bez potrzeby umiejętności odtworzenia poszczególnych kroków w jaki sposób doszło się do odpowiedzi (cel pracy – patrz pkt. 2). Analiza dostępnych sygnałów oraz możliwości poszczególnych metod sztucznej inteligencji skłania do wykorzystania sieci neuronowych jako metody sztucznej inteligencji.

Sieci neuronowe możemy podzielić na kilka podstawowych rodzajów¹⁰⁶:

- jednokierunkowe z neuronami zorganizowanymi w warstwy – najprostsze metody organizacji sieci neuronowej umożliwiające odwzorowanie dowolnych stanów wejść na wyjściach,
- rekurencyjne, gdzie wyjścia niektórych neuronów są poprowadzone jako wejścia do sieci, głównie używane do analizy nieciągłych danych takich jak np. pismo odręczne lub mowa,
- samoorganizujące, gdzie struktura neuronów układa się w trakcie uczenia, aby odzwierciedlić niezbędne cechy otoczenia, jako metodę uczenia używają głównie uczenia nienadzorowanego.

Każda w tych grup cechuje się innymi możliwościami oraz zastosowaniami. Dostępne dane o sygnałach skłaniają do wykorzystania najprostszych modeli sieci neuronowych, które umożliwią spełnienie celów stawianych w pracy. Takimi sieciami neuronowymi są sieci neuronowe jednokierunkowe. Równocześnie dostępne dane z systemu zarządzania ICT posiadają wszystkie sygnały, które będą wykorzystywane przez sieć neuronową na wejściach, ale także zawierają sygnał wyjściowy, który jest oczekiwanym wynikiem pracy sieci, co skłania do zastosowania metod uczenia z nadzorem. Najczęstszymi metodami uczenia z nadzorem są metoda wstecznej propagacji błędów (ang. back-propagation) z wykorzystaniem jako miernika skuteczności błędów średniokwadratowego oraz metoda perceptronowa. Metoda wstecznej propagacji błędów jest uznawana za skuteczniejszą niż metoda perceptronowa, ze względu na większe prawdopodobieństwo znalezienia lepszego rozwiązania (osiągnięcie globalnego a nie lokalnego minimum funkcji)¹⁰⁷. Taka dostępność danych oraz skuteczność metod skłania do wykorzystania jako metody treningowej metody uczenia nadzorowanego z wsteczną propagacją błędów. Zbadanie możliwości wykorzystania tych metod do analizy incydentów i ich kwalifikowania jako problemy wymaga scharakteryzowania ich istoty.

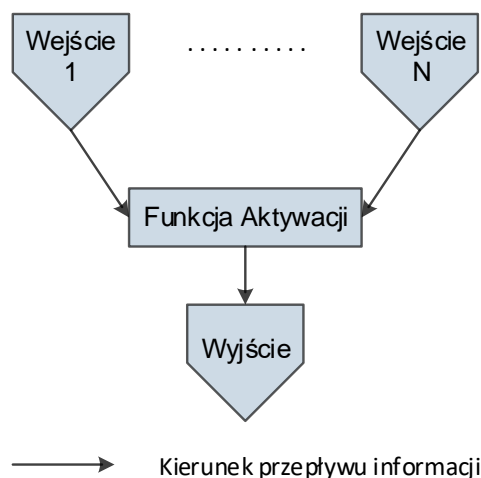
¹⁰⁶ Niederliński A., Regułowo-modelowe systemy ekspertowe rmse, Wydawnictwo Pracownia Komputerowa Jacka Skalmierskiego, Gliwice 2013, strona 197-213.

¹⁰⁷ Biało M., Sztuczna inteligencja i elementy hybrydowych systemów ekspertowych, Politechnika Koszalińska, Wydawnictwo Uczelniane, Koszalin 2005, strona 230-242.

3.2 Charakterystyka sieci neuronowych jako wybranej metody sztucznej inteligencji

3.2.1 Neurony i ich warstwy

Sztuczny neuron (rys 3.1) otrzymuje dane wejściowe z jednego lub więcej wejść, które mogą być innymi neuronami lub danymi pobieranymi z zewnątrz. Takie dane wejściowe to zwykle dane zmiennoprzecinkowe lub dane binarne. Wejściowe dane binarne zakodowane są w dane zmiennoprzecinkowe przedstawiając prawdę lub fałsz jako 1 lub 0. Sztuczny neuron mnoży każdą z takich danych wejściowych przez wagę na danym wejściu. Następnie sumuje wyniki mnożenia, a sumę przesyła do funkcji aktywacji.



Rys. 3.1. Sztuczny neuron

Opracowanie własne na podstawie: Tadeusiewicz R., Sieci Neuronowe, Akademicka Oficyna Wydawnicza, Warszawa 1993, strony 27-29, 49-52.

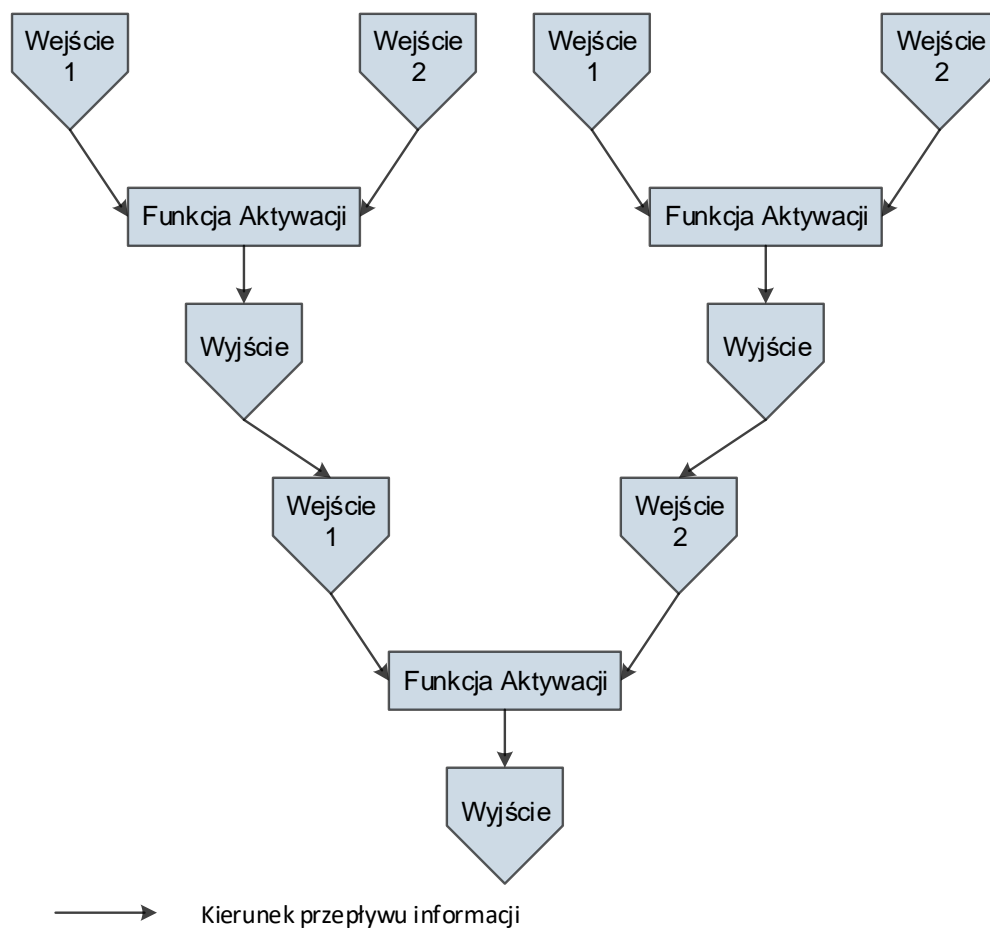
Równanie (2) reprezentuje model matematyczny sztucznego neuronu¹⁰⁸:

$$f(x_i, w_i) = \phi \left(\sum_i (w_i \times x_i) \right) \quad (2)$$

W równaniu (2) zmienne x oraz w odpowiadają danym wejściowym i wagom neuronu. Zmienna i odpowiada ilości wag oraz danych wejściowych. Zawsze musi być utrzymana ta sama ilość danych wejściowych i wag. Każda waga mnożona jest przez jej odpowiednią

¹⁰⁸ Tadeusiewicz R., Sieci Neuronowe, Akademicka Oficyna Wydawnicza, Warszawa 1993, strony 27-29, 49-52.

daną wejściową, a wyniki tych działań pobierane są do funkcji aktywacji, która oznaczona została literą ϕ . Wynikiem tego procesu jest pojedyncza wartość wyjściowa neuronu. Aby zbudować sztuczną sieć neuronową należy połączyć ze sobą wiele neuronów¹⁰⁹. Rys 3.2 przedstawia przykładową sztuczną sieć neuronową.



Rys. 3.2. Sieć neuronowa

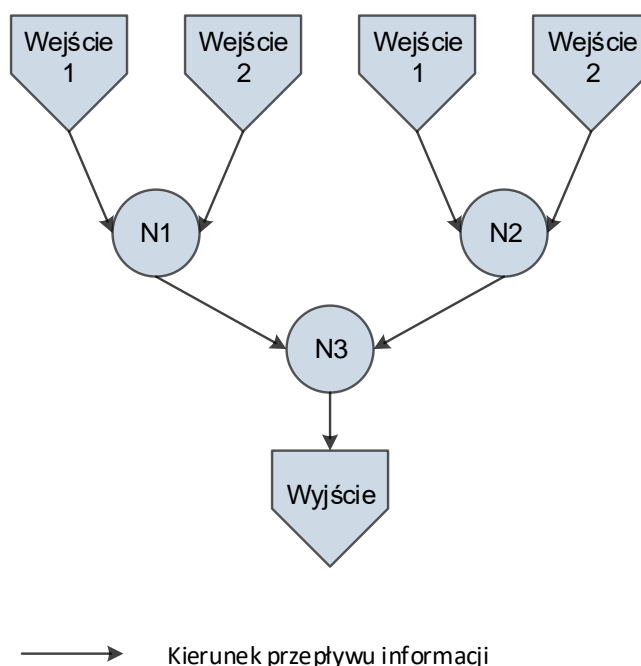
Źródło: J. Zurada, M. Barski, W. Jędruch, „Sztuczne Siecie Neuronowe”, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1992, strony 43-46.

Na rys 3.2 przedstawiono trzy połączone ze sobą neurony. Sieć ma cztery wartości wejściowe i pojedynczą wartość wyjściową. Wartości wyjściowe neuronów w górnej warstwie podawane są do dolnego neuronu jako wartości wejściowe w celu uzyskania wartości na wyjściu sieci. Schematy sieci neuronowych zwykle nie przedstawiają podanego

¹⁰⁹ Żurada J., Barski M., Jędruch W., Sztuczne Siecie Neuronowe, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1992, strona 42.

na rys. 3.2 poziomu szczegółowości. W celu uproszczenia zapisu zwykle pomija się funkcje aktywacji i pośrednie wartości wyjściowe, w efekcie czego otrzymuje się uproszczony schemat sieci neuronowej przedstawiony na rys. 3.3.

Z rysunku tego wynika, że sieci neuronowe składają się z kilku elementów. W pierwszej kolejności należy wyróżnić wejścia i wyjścia, na rysunku oznaczone przez Wejście oraz Wyjście. Wejścia i wyjścia mogą być elementami większej sieci neuronowej, są również często specjalnym rodzajem neuronu, który w przypadku wejścia przyjmuje dane z zewnątrz, a neuron wyjściowy oddaje wynik na zewnątrz sieci neuronowej. Dodatkowym elementem, który został uwidoczniony jest ułożenie neuronów w warstwy.



Rys. 3.3. Uproszczony schemat sieci neuronowej

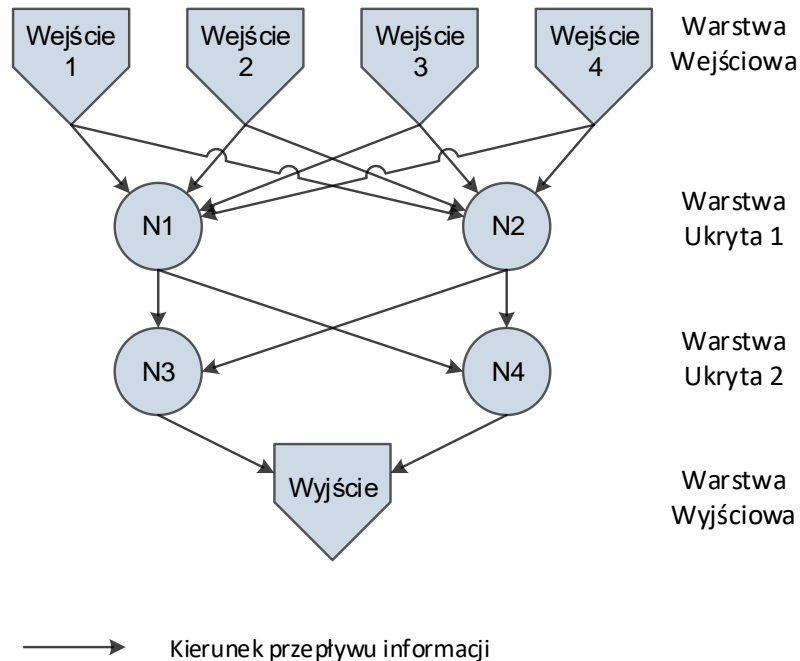
Źródło: J. Zurada, M. Barski, W. Jędruch, „Sztuczne Siecie Neuronowe”, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1992, strony 43-54.

Neurony wejściowe są pierwszą warstwą, neurony N1 oraz N2 tworzą drugą warstwę, trzecia warstwa zawiera neuron N3, a czwarta warstwa to wyjście. Neurony, które tworzą warstwę mają kilka wspólnych cech¹¹⁰:

¹¹⁰ Stęgowski Z., Sztuczne Siecie Neuronowe, Kernel 2004, strony 16-19.

- każdy neuron w warstwie ma tę samą funkcję aktywacji, jednakże poszczególne warstwy mogą mieć różne funkcje aktywacji,
- warstwy są w pełni połączone z następną warstwą, czyli każdy neuron w jednej warstwie ma połączenie z neuronami w poprzedniej warstwie.

Rys. 3.4 pokazuje w pełni połączoną sieć neuronową, która posiada dodatkowe warstwy ukryte.



Rys. 3.4. Sieć neuronowa w pełni połączona

Opracowanie własne na podstawie: Stęgowski Z., Sztuczne Sieci Neuronowe, Kernel 2004, strony 16-19.

Liczba i architektura poszczególnych warstw sieci, a także kierunki komunikacji pomiędzy neuronami stanowią o klasyfikacji architektury sieci neuronowej. Jeżeli strzałki przepływu danych zawsze wskazują w dół od wejścia do wyjścia to ten rodzaj sieci neuronowej nazywany jest siecią neuronową jednokierunkową (ang.: feed-forward). Takie sieci neuronowe mają zwykle trzy lub więcej warstw (wejściowa, ukryta oraz wyjściowa).

3.2.2 Typy neuronów

Neurony wejściowe i wyjściowe

Prawie każda sieć neuronowa ma neurony wejściowe i wyjściowe. Neurony wejściowe przyjmują dane z zewnątrz do sieci neuronowej. Neuron albo neurony wyjściowe

dostarczają przetworzone dane z sieci neuronowej na zewnątrz. Neurony wejściowe i wyjściowe są grupowane w oddzielne warstwy nazwane warstwą wejściową i wyjściową. Dane wejściowe są wprowadzane do sieci neuronowej w postaci ciągu liczb. Ilość liczb znajdujących się w ciągu musi odpowiadać ilości neuronów wejściowych. Sieci neuronowe akceptują dane wejściowe w postaci ciągów liczb zmiennoprzecinkowych. Podobnie, dane wyjściowe z sieci neuronowych stanowiąć będzie liczba lub ciąg liczb o długości równej liczbie neuronów wyjściowych.

Neurony ukryte

Neurony ukryte nie są neuronami w warstwach wejściowej lub wyjściowej, są one schowane z punktu widzenia zewnętrznego dla sieci neuronowej. Ich liczba oraz organizacja mogą być traktowane jako „czarna skrzynka” patrząc z zewnątrz sieci neuronowej. Użycie dodatkowej warstwy ukrytych neuronów pozwala na zwiększenie możliwości sieci neuronowej w rozpoznawaniu wzorców. Jednakże za duża liczba neuronów oraz warstw ukrytych równocześnie zwiększa złożoność obliczeniową sieci neuronowej. Neurony ukryte mają dwie ważne cechy:

- otrzymują dane wejściowe wyłącznie od innych neuronów, takich jak neurony wejściowe lub inne neurony ukryte,
- wysyłają dane wyjściowe wyłącznie do innych neuronów, takich jak neurony wyjściowe lub inne neurony ukryte.

Neurony ukryte pomagają sieci neuronowej zrozumieć dane wejściowe i tworzą dane wyjściowe, jednakże nie są one bezpośrednio połączone z danymi wchodzącymi do sieci lub wartościami wyjściowymi. Neurony ukryte są zwykle pogrupowane w pełni połączone warstwy ukryte. Jednym z najważniejszych parametrów dotyczących neuronów ukrytych jest ich liczba i umiejscowienie w sieci¹¹¹. Sieci z pojedynczą warstwą neuronów ukrytych w sieci neuronowej może funkcjonować jako uniwersalny perceptron¹¹². Taka sieć powinna być w stanie nauczyć się generowania dowolnych wartości wyjściowych z dowolnych

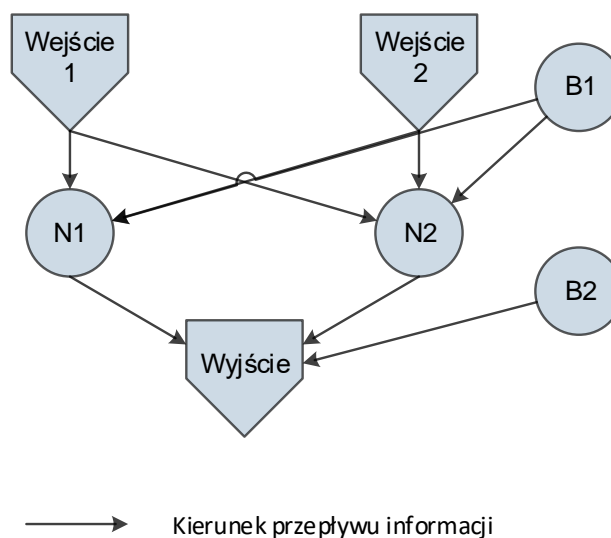
¹¹¹ Freund Y., Schapire R., Large Margin Classification Using the Perceptron Algorithm, Machine Learning, 37(3), 10 Dec 2016, <http://cseweb.ucsd.edu/~yfreund/papers/LargeMarginsUsingPerceptron.pdf>, strony 277-296

¹¹² Perceptron: najprostsza sieć neuronowa składająca się z jednego lub wielu neuronów potrafiąca binarnie klasyfikować dane. Auer P., Burgsteiner H., Maass, W., A learning rule for very simple universal approximators consisting of a single layer of perceptrons, Neural Networks, Vol. 21 Issue 5, 2008, strona 786-795.

wartości wejściowych, dopóki ma wystarczającą liczbę neuronów ukrytych w pojedynczej warstwie¹¹³.

Neurony z *BIAS-em*

Neurony z BIAS-em w sieciach neuronowych pomagają wspierać uczenie wzorców przez możliwość „przesunięcia” funkcji aktywacji w osi „x”. Neurony z BIAS-em działają jak neuron wejściowy, który zawsze daje na wyjściu wartość 1. Ponieważ neurony z BIAS-em mają stałą wartość wyjściową 1, nie są one połączone z poprzednią warstwą. Wartość jeden, która nazywana jest aktywacją BIAS-u, może być również ustawiona na wartość różną od 1. Jednak wartość 1 jest najczęstszą aktywacją BIAS-u¹¹⁴. Nie wszystkie sieci neuronowe mają neurony z BIAS-em. Rys. 3.5 przedstawia sieć neuronową z pojedynczą warstwą ukrytą z dodatkowymi neuronami z BIAS-em¹¹⁵. Każdy poziom, za wyjątkiem warstwy wejściowej, zawiera pojedynczy neuron z BIAS-em. Neurony z BIAS-em pozwalają na przesunięcie wyniku wyjściowego funkcji aktywacji.



Rys. 3.5. Sieć neuronowa z BIAS-em

Opracowanie własne na podstawie: Osowski S., Sieci Neuronowe, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1996, strony 42-44.

¹¹³ Hornik K., Approximation capabilities of multi-layer feedforward networks. Neural Networks, Vol 4, 1991, strony 251-257.

¹¹⁴ StackOverflow, „Role of BIAS in Neural Netowrks”, 16 May 2016, <http://stackoverflow.com/questions/2480650/role-of-bias-in-neural-networks>, strona 1.

¹¹⁵ Osowski S., Sieci Neuronowe, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1996, strony 42-44.

3.2.3 Funkcje aktywacji

W sieciach neuronowych funkcje aktywacji ustanawiają granice zmienności sygnału wyjściowego neuronów na podstawie sygnałów wejściowych¹¹⁶. Sieci neuronowe mogą wykorzystywać wiele różnych rodzajów funkcji aktywacji, stąd zostaną omówione jedynie te powszechnie stosowane. Wybór funkcji aktywacji dla danej sieci neuronowej jest istotną kwestią w obszarze jej projektowania, ponieważ ma wpływ na sposób działania sieci.

Liniowa funkcja aktywacji

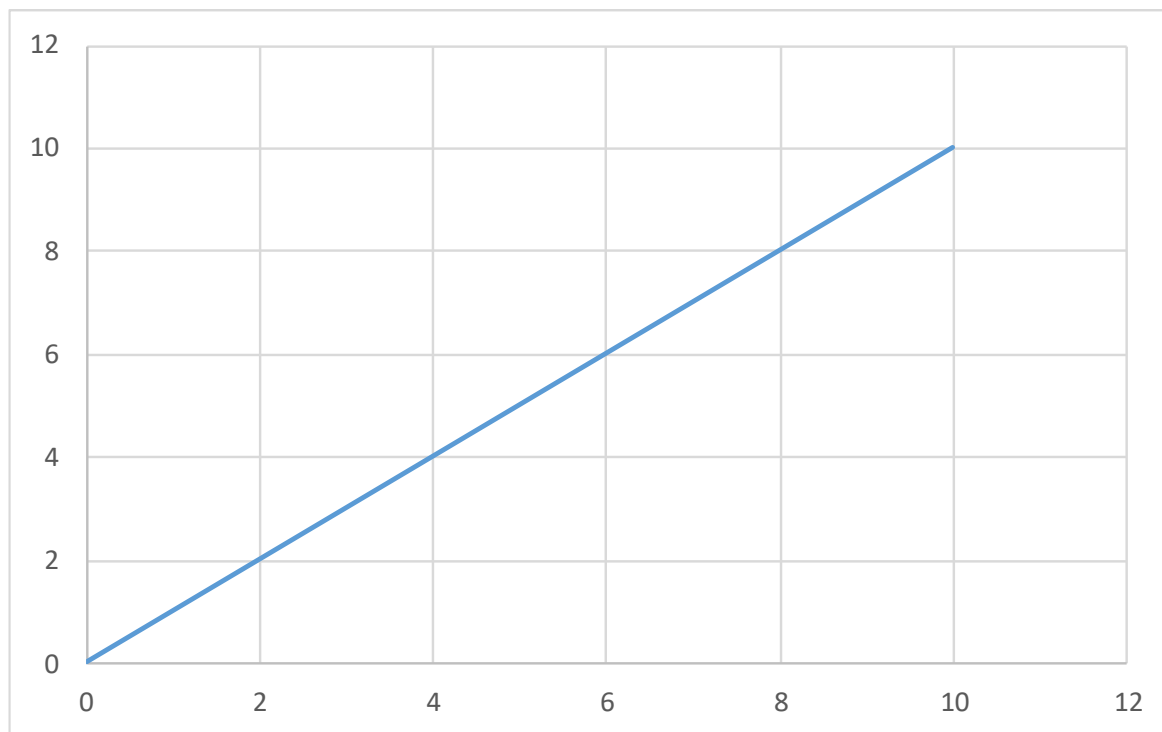
Najbardziej podstawową funkcją aktywacji jest funkcja liniowa, ponieważ nie zmienia ona sygnału wyjściowego neuronu¹¹⁷. Równanie (3) pokazuje implementację liniowej funkcji aktywacji:

$$\phi(x) = x \quad (3)$$

Liniowa funkcja aktywacji oddaje wartość, którą dostała jako sygnał wejściowy do neuronu. Rys. 3.6 przedstawia wykres liniowej funkcji aktywacji.

¹¹⁶ Quora.com, multiple authors, “What is the role of the activation function in a neural network?”, 25 Feb 2016, <https://www.quora.com/What-is-the-role-of-the-activation-function-in-a-neural-network>, strona 1.

¹¹⁷ Korbicz J. O. A., Sztuczne Sieci Neuronowe Podstawy i Zastosowania, Akademicka Oficyna Wydawnicza, Warszawa 1994, strony 24-26.



Rys. 3.6. Liniowa funkcja aktywacji

Opracowanie własne na podstawie: Korbicz J. O. A., Sztuczne Sieci Neuronowe Podstawy i Zastosowania, Akademicka Oficyna Wydawnicza, Warszawa 1994, strony 24-26.

Progowa funkcja aktywacji

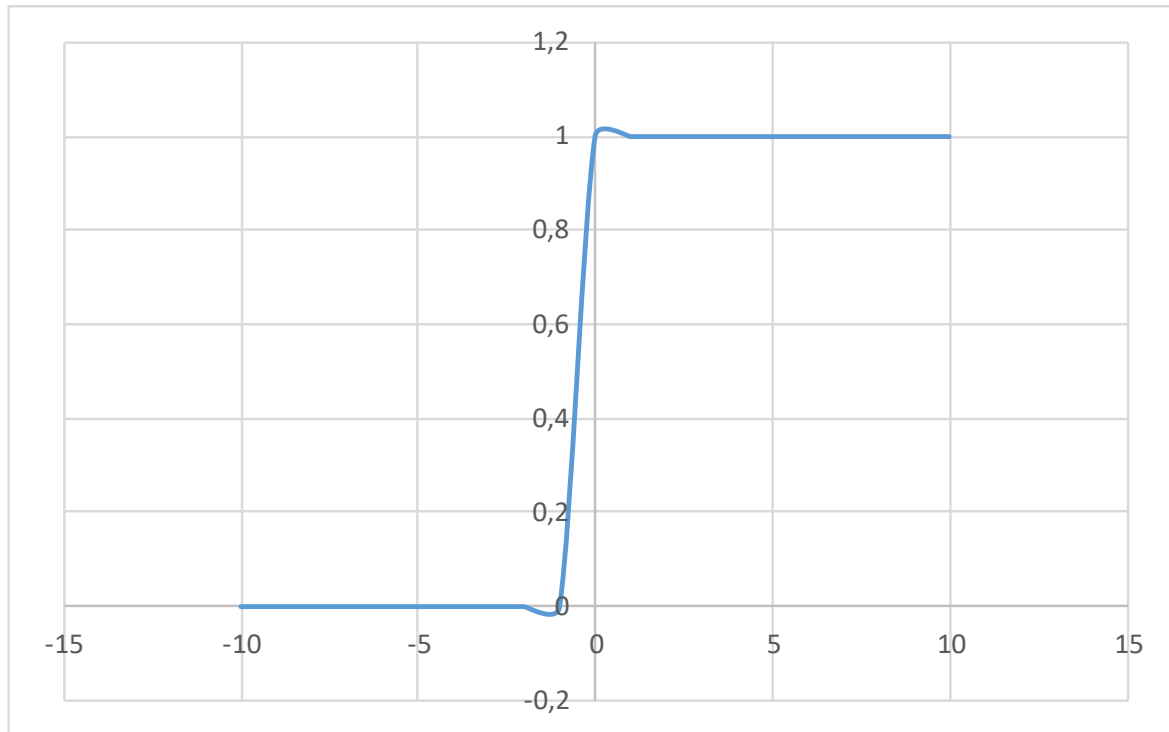
Progowa funkcja aktywacji jest kolejną prostą funkcją aktywacji. McCulloch pierwszy wprowadził¹¹⁸ progową funkcję aktywacji, którą przedstawia równanie:

$$\phi(x) = \begin{cases} 1, & \text{jeżeli } x > 0 \\ 0, & \text{pozostałe} \end{cases} \quad (4)$$

Wynikiem równania (4) jest wartość wyjściowa 1 dla wartości wejściowych wyższych od 0 oraz wartość wyjściowa 0 dla wszystkich pozostałych wartości wejściowych.

Rys. 3.7 przedstawia wykres progowej funkcji aktywacji.

¹¹⁸ McCulloch W. P., A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. Bulletin of Mathematical Biophysics, 1943, strony 116-132



Rys. 3.7 Progowa funkcja aktywacji

Źródło: McCulloch W. P., A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. Bulletin of Mathematical Biophysics, 1943, strony 116-132.

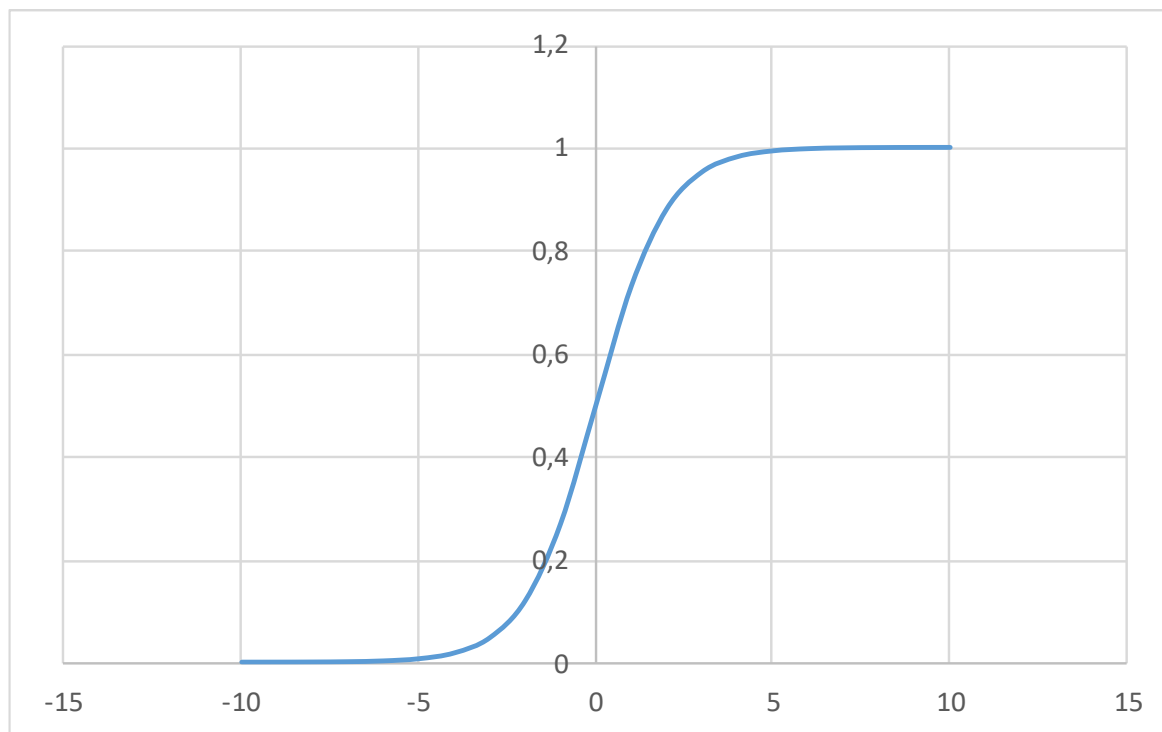
Sigmoidalna unipolarna funkcja aktywacji

Sigmoidalna unipolarna funkcja aktywacji jest bardzo częstym wyborem w przypadku jednokierunkowych sieci neuronowych, których wartości wyjściowe powinny być tylko liczbami dodatnimi¹¹⁹. Równanie (5) przedstawia wzór matematyczny sigmoidalnej unipolarnej funkcji aktywacji:

$$\phi(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}} \quad (5)$$

Sigmoidalną unipolarną funkcję aktywacji przedstawia rys. 3.8.

¹¹⁹ Han J. C. M., The influence of the sigmoid function parameters on the speed of backpropagation learning. Computational Models of Neurons and Neural Nets, 2005., strony 195-201.



Rys. 3.8 Sigmoidalna unipolarna funkcja aktywacji

Źródło: Han J., „The influence of the sigmoid function parameters on the speed of backpropagation learning”, Computational Models of Neurons and Neural Nets, 2005, strony 195-201.

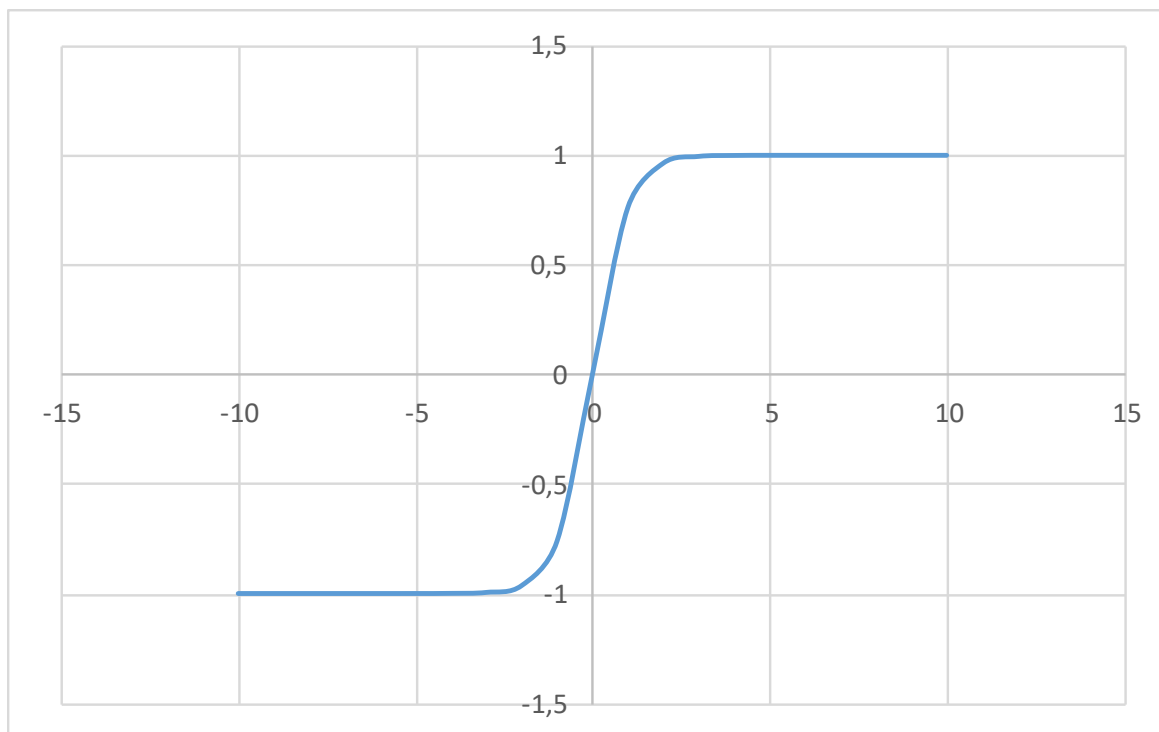
Funkcja aktywacji tanh

Funkcja aktywacji tangensa hiperbolicznego, znana pod nazwą sigmoidalnej bipolarnej funkcji aktywacji, jest również bardzo często stosowaną funkcją dla sieci neuronowych¹²⁰. Jej wartość wyjściowa mieścić się w przedziale pomiędzy -1 a 1. Ta funkcja aktywacji jest odwzorowaniem tangensa hiperbolicznego – tanh, jak przedstawiono w równaniu (6):

$$\phi(x) = \tanh(x) \quad (6)$$

Wykres funkcji tangensa hiperbolicznego przedstawiono na rysunku rys. 3.9.

¹²⁰ Osowski S., Sieci Neuronowe, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1996, strony 14-18.



Rys. 3.9. Sigmoidalna bipolarna funkcja aktywacji– tanh

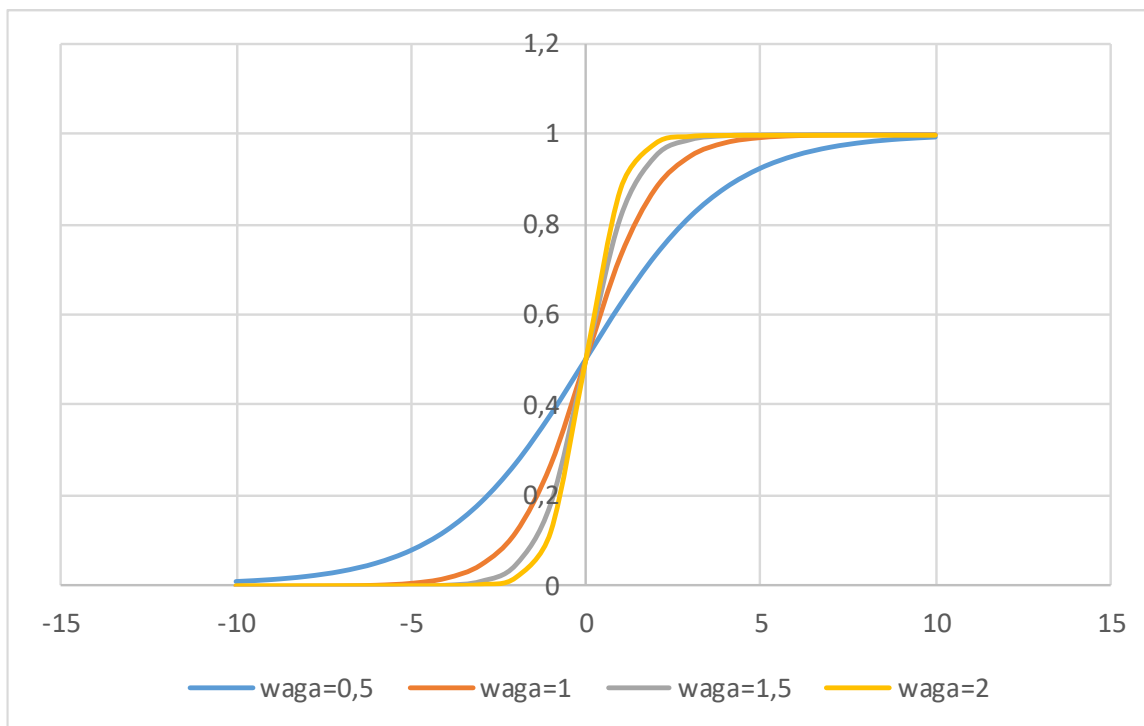
Źródło: Osowski S., Sieci Neuronowe, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1996, strony 14-18.

Rola wagi i BIAS-u w sieciach neuronowych

Funkcje aktywacji określają wartość wyjściową pojedynczego neuronu. Łącznie waga i BIAS neuronu kształtują wartość wyjściową funkcji aktywacji, która generuje pożądaną wartość. Wpływ BIAS-u i wagi na wartość wyjściową funkcji aktywacji zostanie omówiony na przykładzie równania sigmoidalnej unipolarnej funkcji aktywacji sieci neuronowej:

$$f(x, w, b) = \frac{1}{1 + e^{-(wx+b)}} \quad (7)$$

Zmienna x przedstawia pojedynczą wartość wejściową. Zmienne w oraz b określają wagę i BIAS. Równanie (7) jest kombinacją równania sztucznego neuronu z równania (2) oraz równania (5), które przedstawia sigmoidalną unipolarną funkcję aktywacji. Wagi neuronu pozwalają na dostosowanie nachylenia lub kształtu funkcji aktywacji. Rys. 3.10 pokazuje wpływ różnych wartości wag neuronu na wartość wyjściową sigmoidalnej unipolarnej funkcji aktywacji.



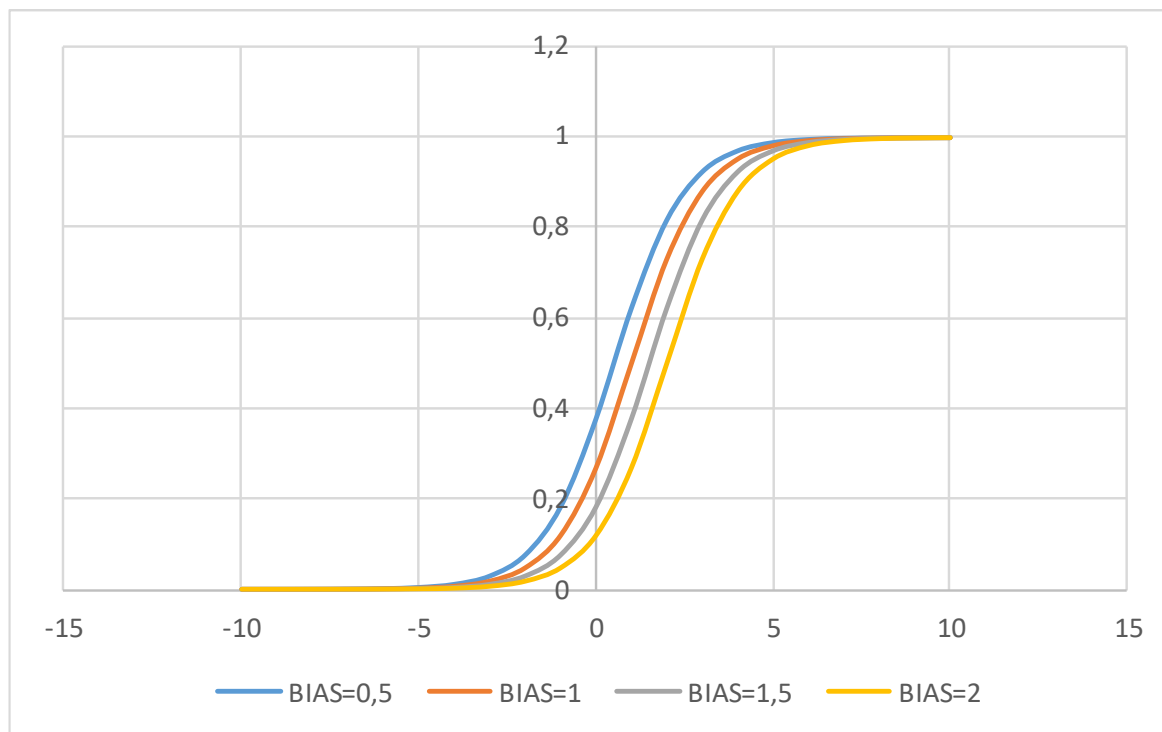
Rys. 3.10. Wpływ wagi na wartość funkcji aktywacji

Opracowanie własne.

Rys. 3.10 pokazuje kształt sigmoidalnej unipolarnej funkcji aktywacji dla wartości wag:

- $f(x, 0.5, 0)$,
- $f(x, 1, 0)$,
- $f(x, 1.5, 0)$,
- $f(x, 2, 0)$.

W celu uzyskania różnych krzywych aktywacji nie zmienia się parametru BIAS-u, który jest w każdym wypadku widoczny na trzeciej pozycji zawsze o wartości 0. Użycie czterech różnych wartości parametru wagi daje w efekcie cztery różne sigmoidalne unipolarne krzywe funkcji aktywacji o różnym stopniu nachylenia. Jednakże niezależnie od wagi, zawsze otrzyma się tę samą wartość 0.5, kiedy wartość x wynosi 0, ponieważ wszystkie krzywe dochodzą do tej samej wartości dla wartości x wynoszącej 0. Natomiast parametr BIAS-u przesuną funkcję aktywacji i dopuszcza wartości różne od 0.5, kiedy wartość x jest równa 0. Rys. 3.11 pokazuje sigmoidalne unipolarne funkcje aktywacji z wartością parametru wagi równą 1 oraz różnymi wartościami parametru BIAS-u.



Rys. 3.11. Wpływ BIAS-u na wartość funkcji aktywacji

Opracowanie własne.

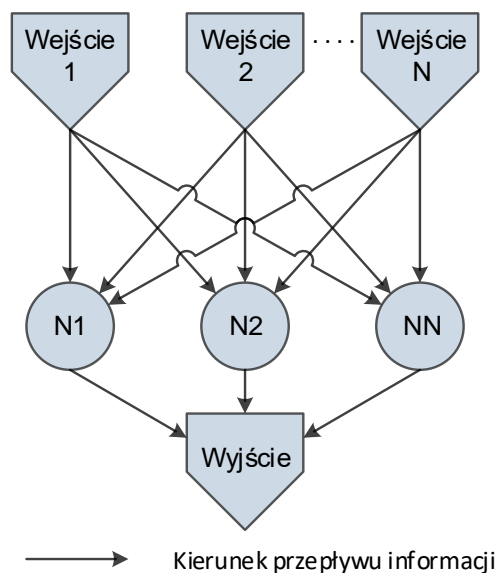
Rys. 3.11 przedstawia cztery sigmoidalne unipolarne funkcje aktywacji o podanych parametrach:

- $f(x, 1, 0.5)$,
- $f(x, 1, 1)$,
- $f(x, 1, 1.5)$,
- $f(x, 1, 2)$.

We wszystkich powyższych przypadkach dla krzywych funkcji aktywacji jako wartość wagi została użyta wartość jeden. Użycie różnych wartości BIAS-u spowodowało przesunięcie krzywej aktywacji wzdłuż osi x . Kiedy weźmie się pod uwagę wspólne zmiany parametrów wagi i BIAS-u, to dadzą one krzywą, która utworzy konieczną wartość wyjściową dla neuronu w podanych warunkach $f(x, w, b)$. Powyższe krzywe są wartościami wyjściowymi tylko z jednego neuronu. W kompletnej sieci wartość wyjściowa z wielu różnych neuronów zostanie połączona w celu utworzenia złożonych wzorców wyjściowych.

3.2.4 Jednokierunkowe sieci neuronowe

Najbardziej powszechną architekturą sieci neuronowych są jednokierunkowe sieci neuronowe. Pojęcie jednokierunkowości opisuje sposób w jaki ten rodzaj sieci przetwarza dane. W jednokierunkowej sieci neuronowej każda warstwa sieci zawiera połączenia z następną warstwą. Połączenia te skierowane są z neuronów wejściowych do warstwy ukrytej, ale żadne z połączeń nie są skierowane wstecz. Jednokierunkowe sieci neuronowe można uczyć za pomocą różnorodnych technik mieszczących się w kategorii algorytmów propagacji wstecznej, czyli formy nadzorowanego uczenia¹²¹. Zastosowanie algorytmów uczących ma na celu dostosowywanie wag sieci neuronowej, aby uzyskać wynik zgodny z oczekiwanym, podawanym przez nadzorcę. Porównanie wyniku sieci z oczekiwanym wynikiem pozwala algorytmowi uczyć sieci neuronowe.



Rys. 3.12. Jednokierunkowa sieć neuronowa

Opracowanie własne.

Sieć neuronowa jednokierunkowa zaczyna się warstwą wejściową, która może łączyć się z warstwą ukrytą lub warstwą wyjściową. Jeśli łączy się z warstwą ukrytą, warstwa ta może następnie łączyć się z kolejną warstwą ukrytą lub z warstwą wyjściową. Występować może dowolna liczba warstw ukrytych.

¹²¹ Hertz J., Krogh A, Palmer R. G., Wstęp do teorii obliczeń neuronowych, wydanie drugie, Wydawnictwa Naukowo Techniczne, Warszawa 1993 - 1995, Warszawa 1993 - 1995, strony 128-131, 135-139, 149-155.

Inicjalizacja wag

Wagi sieci neuronowej decydują o wartościach wyjściowych sieci neuronowej. Proces uczenia może tak dopasować wagi, aby sieć neuronowa wygenerowała oczekiwany wynik. Większość algorytmów uczenia sieci neuronowych zaczyna od inicjalizacji wag w stanie losowym¹²². Następnie uczenie przechodzi przez serię iteracji, które stale zmieniają wagi w celu uzyskania lepszego wyniku. Losowe wagi sieci neuronowej mają wpływ na efekt uczenia sieci neuronowych. Jeśli uczenie sieci neuronowej zakończyło się niepowodzeniem, można naprawić ten problem poprzez zwykłe zrestartowanie procesu z nowym zestawem losowych wag. Jednym z najczęstszych podejść do inicjalizacji wag jest ich ustawianie na określony przedział wartości losowych. Zwykle wybierane są liczby pomiędzy -1 a +1¹²³.

3.2.5 Normalizacja danych wejściowych

Dane wejściowe zwykle nie są prezentowane sieci neuronowej w dokładnie tej samej surowej formie jak zostały uzyskane. Dane skalowane są do określonego przedziału w procesie nazywanym normalizacją. Istnieje wiele różnych sposobów na normalizację danych. Najczęściej wykorzystywaną metodą normalizacji danych wejściowych w sieciach neuronowych jest kodowanie jeden z N. Normalizacja jeden z N może być stosowana dla danych wejściowych, które można podzielić na kategorie, takie jak np. gatunki zwierząt i marki pojazdów, a w przypadku danych dostępnych z systemów utrzymania systemów ICT: pilność i wpływ incydentów. Dla takich etykiet w zestawie danych, można stosować kodowanie jeden z N. Kodowanie danych w ten sposób oznacza użycie jednego neuronu wejściowego dla każdej klasy w zestawie danych. Kodowanie jeden z N można zastosować zarówno do danych wejściowych jak i wyjściowych. W przypadku, gdy występuje skrajnie duża ilość klas, kodowanie jeden z N staje się nieefektywne, ponieważ do każdej klasy trzeba przypisać jeden neuron¹²⁴. W takich wypadkach jest kilka innych opcji do wyboru:

¹²² Bengio, Yoshua, Practical recommendations for gradient based training of deep architectures, Neural Networks: Tricks of the Trade. Springer Berlin, 2012, strony 438-477.

¹²³ Nguyen D., Widrow B., Improving the learning speed of 2-layer neural networks by choosing initial values of the adaptive weights, Proceedings of the International Joint Conference on Neural Networks, 1990, strony 21–26.

¹²⁴ McCaffrey J., “How To Standardize Data for Neural Networks”, 15 Jan 2014, Visual Studio Magazine, Neural Networks Lab, <https://visualstudiomagazine.com/articles/2014/01/01/how-to-standardize-data-for-neural-networks.aspx>, strony 1-4.

- poszukać sposobu na uporządkowanie kategorii, dzięki któremu mogą one zostać zakodowane w postaci wielkości numerycznej, mogącej stanowić aktualną pozycję kategorii na uporządkowanej liście,
- w przypadku, gdy mamy liczby rzeczywiste lub uporządkowaną listę kategorii, można zastosować normalizację przedziału, ponieważ mapuje ona przedział danych wejściowych w przedział dozwolonych wartości funkcji aktywacji (na przykład funkcja sigmoidalna używa przedziału pomiędzy 0 a 1, podczas gdy tangens hiperboliczny używa przedziału pomiędzy -1 a 1).

Normalizacja liczb odbywa się za pomocą równania (8)¹²⁵:

$$\text{normalizacja}(x, d_L, d_H, n_L, n_H) = \frac{(x - d_L)(n_H - n_L)}{(d_H - d_L)} + n_L \quad (8)$$

W celu wykonania normalizacji wartości x , potrzebne są najwyższe i najniższe wartości zakresu danych wejściowych przeznaczonych do normalizacji. W równaniu oznaczone są one jako d_L i d_H . Analogicznie, potrzebne są najwyższe i najniższe wartości, do których wykonywana jest normalizacja (dla sieci neuronowych to 0 oraz 1 na wejściach), oznaczone jako n_L i n_H .

Czasem niezbędne jest cofnięcie wykonanej normalizacji i powrót do stanu przed normalizacją. Równanie (9) pokazuje formułę matematyczną denormalizacji danych:

$$\text{denormalizacja}(x, d_L, d_H, n_L, n_H) = \frac{(d_L - d_H)x - (n_H - d_L) + d_H * n_L}{(n_L - n_H)} \quad (9)$$

Normalizacja do przedziału pomaga sieci neuronowej dokonać oceny wszystkich danych wejściowych z równą istotnością.

3.2.6 Uczenie sieci neuronowych

Uczenie sieci neuronowych jest procesem, w którym wagi sieci są dostosowywane w taki sposób, aby przynosiły wynik zgodny z oczekiwanym. Uczenie dostosowuje sieć

¹²⁵ Heaton J., Artificial Intelligence for Humans, Volume 1: Fundamental Algorithms. St. Louis: CreateSpace, 2013, strony 82-90.

neuronową w sposób, który może osiągnąć lepsze wyniki. Jedną z metod oceny wyników uczenia się sieci neuronowych jest użycie metody błędu średniokwadratowego.

Obliczanie błędu średniokwadratowego

Obliczanie błędu średniokwadratowego (ang.: Mean Squared Error – MSE)¹²⁶ jest najczęściej wykorzystywanym procesem w uczeniu maszynowym z wykorzystaniem algorytmu regresji. Większość przykładów sieci neuronowych wykorzystuje metodę MSE¹²⁷. Równanie (10) pokazuje metodę obliczania błędu średniokwadratowego¹²⁸:

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2 \quad (10)$$

W powyższym równaniu y jest wynikiem oczekiwanym, natomiast \hat{y} jest wynikiem rzeczywistym. Średni kwadrat błędu jest średnią kwadratów różnic indywidualnych. Ponieważ różnice indywidualne są podnoszone do kwadratu, dodatni lub ujemny charakter różnicy nie ma znaczenia dla MSE. Błąd średniokwadratowy jest metodą używaną w statystyce do estymacji średniego odchylenia kwadratowego od oczekiwanych wyników, czyli różnicy pomiędzy tym co widzimy w rzeczywistości, a tym czego oczekujemy. Wynik MSE jest zawsze dodatni ze względu na użycie kwadratów. Wartość bliższa zero jest wartością lepszą, gdyż oznacza mniejszą średnią różnicę pomiędzy rzeczywistością a oczekiwaniami. Jeżeli MSE przybiera wartość zero oznacza to, że wynik rzeczywisty jest zgodny z oczekiwanym.

Uczenie z użyciem algorytmu propagacji wstecznej

Algorytm propagacji wstecznej jest jedną z najczęściej stosowanych metod uczenia jednokierunkowych sieci neuronowych¹²⁹. Algorytm ten został wprowadzony przez

¹²⁶ MSE – Mean Squared Error – błąd średniokwadratowy. Lyles R.H., Guo Y., Greenland S., Reducing Bias and Mean Squared Error Associated With Regression-Based Odds Ratio Estimators, Journal Of Statistical Planning And Inference, Vol. 142 (12), Dec 2012, strona 3235-3241.

¹²⁷ Draper N.R., Smith H., Applied Regression Analysis 3rd edition, Wiley Series in Probability and Statistics, New York 1998, strony 235-242.

¹²⁸ Koronacki J., Mielniczuk J., Statystyka dla studentów kierunków technicznych i przyrodniczych, Wydawnictwo Naukowo Techniczne, Warszawa 2006, strony 155-156.

¹²⁹ Werbos P. J., Backpropagation through time: What it does and how to do it”, IEEE vol. 78, 1990, strony 1550– 1560.

Rummelhart-a¹³⁰ i jest stosowany do dzisiaj. W późniejszych latach algorytm propagacji wstecznej został rozszerzony i zmodyfikowany tak, aby być podstawą dla wielu różnych algorytmów uczenia. Wsteczna propagacja jest rodzajem metody gradientu prostego, czyli znajdowania minimum funkcji błędu. Algorytm w opisie uproszczonym składa się z następujących etapów¹³¹:

1. Wybór wartości współczynnika uczenia oraz maksymalnego błędu sieci neuronowej.
2. Inicjalizacja macierzy wag za pomocą liczb losowych.
3. Ustawienie licznika iteracji algorytmu na jeden oraz wyzerowanie błędu sieci neuronowej.
4. Wprowadzenie wartości wejściowych do sieci neuronowej ze zbioru uczącego lub testowego.
5. Wyliczenie wartości błędu sieci neuronowej na wyjściu.
6. Obliczenie błędów dla poszczególnych węzłów sieci neuronowej.
7. Uaktualnienie wag warstwy wyjściowej.
8. Uaktualnienie wag warstwy ukrytej.
9. Jeżeli nie nastąpił koniec zbioru uczącego lub testowego to przejście do punktu 4.
10. Zakończenie cyklu, jeżeli bieżący błąd sieci jest mniejszy niż założony maksymalny błąd sieci w punkcie 1.

Gradient prosty jest to różnica na każdej wadze w sieci neuronowej. Ponieważ sieć neuronowa nie będzie podawała oczekiwanego wyniku dla każdego elementu uczącego, gradient każdej wagi daje wskazówkę na temat sposobu jej modyfikacji, aby osiągnąć oczekiwany wynik. Jeśli sieć neuronowa podawałaby dokładnie to, czego oczekiwano, gradient dla każdej wagi wynosiłby 0, wskazując, że nie jest konieczna żadna zmiana. Gradient jest więc pochodną funkcji błędu dla bieżącej wartości wagi. Każda waga ma swój gradient, który jest nachyleniem funkcji błędu. Obliczanie gradientu funkcji błędu pozwala metodzie uczenia określić to, czy powinna ona zwiększyć lub zmniejszyć wagę w następnej iteracji. Z kolei taka zmiana będzie powodować zmniejszenie błędu MSE sieci neuronowej.

¹³⁰ Rumelhart G.H.D., "Neurocomputing: Foundations of research", Anderson & Rosenfeld 1988., strony 696-699.

¹³¹ Żurada J., Barski M., Jędruch W., Sztuczne Sieci Neuronowe, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1992, strony 120-133.

Błąd MSE jest różnicą między przewidywanym a rzeczywistym wyjściem sieci neuronowej. Znak gradientu przekazuje algorytmowi uczącemu następujące informacje¹³²:

- gradient zerowy – waga nie przyczynia się do zmniejszenia błędu sieci neuronowej,
- gradient ujemny – waga powinna być zwiększona w celu osiągnięcia niższego błędu,
- gradient dodatni – waga powinna być zmniejszona w celu osiągnięcia niższego błędu.

Uczenie sieci neuronowej jest poszukiwaniem zestawu wag, które spowodują, że sieć neuronowa będzie mieć najniższy błąd MSE dla zbioru uczącego. Gdybyśmy mieli nieskończoną ilość zasobów obliczeniowych, moglibyśmy po prostu wypróbować wszystkie możliwe kombinacje wag, aby wyznaczyć tą jedną, która zapewnia najniższy błąd podczas uczenia. Ponieważ zwykle nie mamy nieograniczonych zasobów obliczeniowych musimy użyć metod uczenia, które ograniczą wartości wyboru wag unikając analizy wszystkich ich kombinacji. Dlatego wykorzystuje się metodę gradientów, czyli metodę nachylenia funkcji błędu. Gradientem jest pochodna funkcji błędu dla danej wartości wagi. Na podstawie jej znaku algorytm wie, w którą stronę zmieniać wartość wagi w celu osiągnięcia minimum funkcji błędu. Algorytm uczenia z wykorzystaniem wstecznej propagacji zaczyna obliczenia od węzłów wyjściowych sieci neuronowej i wypracuje drogę wstecz przez sieć neuronową¹³³. Określenie propagacji wstecznej pochodzi właśnie od tego procesu. Wsteczna propagacja jest metodą uczenia, która dostosowuje wagi sieci neuronowej do jej obliczonych gradientów. Globalny błąd sieci neuronowej powinien spadać, w miarę jak sieć uczy się poprawnych wyników.

Współczynniki uczenia i momentu są dwoma parametrami, które są parametrami wejściowymi do algorytmu wstecznej propagacji. Wybór wartości dla współczynnika uczenia i momentu jest bardzo ważny dla realizacji procesu uczenia. Współczynnik uczenia (ang.: Learning Rate)¹³⁴ skaluje skok zmian wagi i może spowolnić lub przyspieszyć uczenie. Wybór współczynnika uczenia, który jest zbyt wysoki powoduje potencjalny brak

¹³² McAllester D., Statistical Methods for Artificial Intelligence, Neural Networks Backpropagation General Gradient Descent, <http://ttic.uchicago.edu/~dmcalleser/ttic101-07/lectures/neural/neural.pdf>, strony 1-4.

¹³³ Rumelhart D., Hinton G., Williams R., Learning representations by back-propagating errors”, Nature 323, October 1986, strony 533 – 536.

¹³⁴ Learning Rate: Parametr kontrolujący wielkość zmiany wagi trakcie uczenia sieci neuronowej. Abbas Q., Ahmad F., Imran M., Variable learning rate based modification in backpropagation algorithm (MBPA) of artificial neural network for data classification, Science International, Vol. 28 Issue 3, May-Jun 2016, strona 2369-2378.

dojścia do fazy końcowej nauki sieci neuronowej i wysoki błąd globalny (MSE), który nie zmierza w trakcie uczenia do coraz niższych wartości. Wybór współczynnika uczenia, który jest zbyt niski spowoduje, że sieć neuronowa będzie potrzebowała dużo czasu na dojście do fazy końcowej uczenia. Podobnie jak w przypadku współczynnika uczenia, współczynnik momentu jest również współczynnikiem skalującym algorytm uczenia. Chociaż jest to parametr opcjonalny, współczynnik momentu określa procent zmiany wagi z poprzedniej iteracji, który powinien być stosowany do kolejnej iteracji. Jeśli współczynnik momentu nie ma być wykorzystywany, wystarczy podać wartość 0. Moment jest techniką dodaną do wstecznej propagacji błędów, która pomaga uniknąć wpadaniu funkcji uczenia w lokalne minima. Są one niskimi punktami na wykresie błędów, które nie są rzeczywistym globalnym minimum funkcji. Moment nadaje procesowi uczenia sieci neuronowej pędu w bieżącym kierunku uczenia oraz może umożliwić jej przebicie się przez lokalne minimum.

Dobór parametrów współczynnika uczenia i momentu

Algorytm uczenia sieci neuronowych z wykorzystaniem wstecznej propagacji posiada parametry, które należy dostroić. Parametry algorytmu uczenia przy pomocy wstecznej propagacji obejmują:

- współczynnik uczenia,
- współczynnik momentu.

Parametr współczynnika uczenia pozwala ustalić, jak bardzo każda iteracja procesu uczenia sieci neuronowej będzie zmieniać bieżącą wartość wagi. Niektóre problemy związane z uczeniem są bardzo proste do rozwiązania, a wysoki współczynnik uczenia przynosi szybkie rozwiązania. Inne problemy są trudniejsze, a szybkie uczenie może zignorować dobre rozwiązanie przez jego pominięcie ze względu na zbyt duży skok wartości pomiędzy poszczególnymi iteracjami.

Współczynnik momentu jest właściwością uczenia powodującą zmianę wagi, który utrzymuje swój stały kierunek, nawet jeśli gradient wskazuje, że zmiana wagi powinna odwrócić ten kierunek. Pozwala więc „uciec” wadze z doliny lokalnego minimum i znaleźć optymalny punkt na wykresie funkcji.

Ustalenie parametrów uczenia sieci neuronowych, takich jak współczynniki uczenia¹³⁵ i momentu¹³⁶, nie jest możliwe bez samego procesu uczenia. Parametry uczenia znacznie wpływają na osiąganą stopę błędu MSE, które mogą uzyskać sieci neuronowe. Parametry współczynnik uczenia i momentu przyczyniają się do powodzenia i optymalizacji procesu uczenia, ale w rzeczywistości nie są częścią sieci neuronowej¹³⁷. Po zakończeniu uczenia, wyuczone wagi zostają zaprogramowane w sieci neuronowej i nie wykorzystują już parametrów współczynnika uczenia ani momentu. Wybór właściwych wartości parametrów współczynnika uczenia i momentu może mieć wpływ na efektywność uczenia sieci neuronowej. Wybór dobrych wartości parametrów współczynnika uczenia i momentu jest procesem prób i błędów. Stwierdzono, że w większości literatury wykorzystuje się współczynnik uczenia o wartości 0,1 oraz momentu o wartości 0,9¹³⁸. Współczynnik uczenia algorytmu propagacji wstecznej wskazuje skok, który powinien zastosować algorytm, aby zmienić wagę w kolejnej iteracji. Z kolei parametr momentu określa procent zmiany wagi w poprzednim powtórzeniu, który program powinien zastosować w obecnej iteracji. Wartość parametru momentu pozwala na to, aby wartość zmiany wagi z poprzedniego powtórzenia została przekazana do aktualnej iteracji algorytmu uczenia. W efekcie zmiana wagi utrzymuje swój kierunek oraz zadaną wartość.

3.2.7 Wybór modelu i architektury sieci neuronowej

Sieci neuronowe dopasowują wagi w celu uzyskania jak najniższej sumy błędów, czyli największego dopasowania do oczekiwanych wyników. Jednakże parametry sieci neuronowych to nie tylko wagi. W sieciach neuronowych do dodatkowych parametrów stanowiących o architekturze sieci neuronowej należą na przykład liczba warstw i neuronów ukrytych. Wybór modelu sieci neuronowej jest procesem, w którym dokonuje się selekcji zestawu parametrów, które w efekcie dają najlepszą sieć neuronową dla danego zadania. Przykłady parametrów sieci neuronowej to między innymi:

¹³⁵ Orr G., "Momentum and Learning Rate Adaptation", Willamette University, Neural Networks, 1999, www.willamette.edu/~gorr/classes/cs449/momrate.html, strona 1.

¹³⁶ Qian N., "On the momentum term in gradient descent learning algorithms", Neural Networks vol.12, 1999, <http://www.columbia.edu/~nq6/publications/momentum.pdf>, strona 145-151.

¹³⁷ Li Y., Fu Y., Li H., Zhang S. W., "The Improved Training Algorithm of Back Propagation Neural Network with Self-Adaptive Learning Rate", International Conference on Computational Intelligence and Natural Computing, 2009, strony 73–76.

¹³⁸ Osowski S., Sieci Neuronowe, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1996, strony 49- 51.

- liczba wejść,
- liczba wyjść,
- liczba ukrytych warstw,
- liczba ukrytych neuronów w warstwie,
- typ funkcji aktywacji.

Wybór modelu jest przedsięwzięciem bardzo czasochłonnym. Jedną z metod wyboru modelu jest algorytm oparty na metodzie prób i błędów. Dla tej metody należy określić każdą kombinację parametrów, której chcielibyśmy użyć. Wadą tego rozwiązania jest liczba iteracji. Aby zmniejszyć liczbę potencjalnych kombinacji należy na wejściu zawęzić zmienność poszczególnych parametrów. Specyfikacja ta może wyglądać następująco:

- 1) funkcja aktywacji: tanh lub sigmoid,
- 2) liczba neuronów w warstwie ukrytej: od 4 do 8.

Pierwszy punkt mówi o tym, że należy wypróbować dwie funkcje aktywacji tanh i sigmoid. Drugi, że liczba ukrytych neuronów powinna się zmieniać od cztery do osiem. Ten proces da w sumie dziesięć różnych iteracji. Do problemu wyboru architektury sieci można też podejść w sposób losowy i spośród dziesięciu możliwości wylosować np. dwadzieścia procent i z nich wybrać najlepszy model.

Reasumując, informacje przedstawione dla scharakteryzowania istoty sieci neuronowych jako wybranej metody sztucznej inteligencji, stanowią podstawę do budowy oraz implementacji sieci neuronowej do podejmowania decyzji o ulepszaniu systemów ICT. Zanim to jednak nastąpi niezbędne jest przeprowadzenie badań w zakresie istotności i przydatności sygnałów z procesu zarządzania incydentami, które mają kluczowy wpływ na podejmowanie decyzji o ulepszaniu systemów ICT.

4 Badania dla określenia istotności i przydatności sygnałów decydujących o ulepszaniu systemów ICT w aspekcie możliwości ich wykorzystania przez wybraną metodę sztucznej inteligencji

4.1 Identyfikacja sygnałów istotnych w podejmowaniu decyzji o ulepszaniu systemów ICT

Dla określenia istotności sygnałów dostępnych z procesu zarządzania incydentami przeprowadzono badania ankietowe z udziałem ekspertów, w skład których wchodziła cała populacja analityków zatrudnionych na świecie w firmie Cisco Systems. Celem badań było zidentyfikowanie sygnałów istotnych, na podstawie których analitycy kwalifikują incydenty do dalszej analizy w ramach zarządzania problemami, czyli podejmują decyzję o ulepszaniu systemów ICT.

Sygnały, które były przedmiotem badań przedstawiono w tab. 4.1.

Wielkość próby badawczej określono na podstawie liczby ekspertów firmy Cisco Systems zatrudnionych na stanowiskach analityków, którzy dokonują wyboru incydentów do dalszej analizy w procesie zarządzania problemami. W 2016 r. na całym świecie grupa tych ekspertów obejmowała 21 osób.

Wielkość próby statystycznej do badań ankietowych powinna wynosić 20. Obliczono ją wykorzystując wzór na wielkość próby dla populacji skończonej¹³⁹, przy założeniu:

- poziomu ufności = 0.95,
- wielkości populacji = 21,
- szacowanej wielkości frakcji = 0.5,
- błędu maksymalnego = 5%.

Dla przeprowadzenia badań przygotowano ankietę badawczą (tab. 4.2). W ankiecie użyto języka angielskiego, który jest podstawowym językiem komunikacji w firmie Cisco Systems, ze względu na jej lokalizację w wielu krajach.

¹³⁹ Instytut CEM, kalkulator wielkości próby, <http://cem.pl/pl/analizy/wielkosc-proby>.

Tab. 4.1 Sygnały dostępne w systemie utrzymania ICT

Nazwa Sygnału	Opis
Assignee	Identyfikator inżyniera przypisanego do pracy nad danym incydem
Description	Krótki opis czego dotyczy incydent
Device Name	Nazwa urządzenia, którego dotyczy incydent
Impact	Wpływ incydentu na systemy ICT. Mieści się on w czterech (4) kategoriach: Widespread, Large, Localized, Individual
Incident Number	Unikalny identyfikator incydentu w systemie utrzymania ICT
Initial Notification Date	Data i czas, w którym zostało wysłane wstępne powiadomienie do klienta o wykryciu incydentu. Na podstawie różnicy czasów od powstania incydentu do wysłania wstępnego powiadomienia wyliczany jest czas powiadomienia. (Time To Notify – TTN)
Resolution Category Tier 3	Kategoria w jakiej został umieszczony incydent po jego rozwiązaniu. Kategorie te grupują oraz pokazują potencjalne przyczyny powstawania incydentów. Wartość jest nadawana przez inżyniera pracującego nad incydem, a wybierana jest z dostępnej listy kategorii.
Service Restored Date	Data i czas w jakim usługa została przywrócona do działania. Na podstawie różnicy czasów od powstania incydentu do czasu przywrócenia usługi do działania wylicza się czas odzyskania usługi (Time To Restore – TTR)
Site	Nazwa lokalizacji w jakiej zlokalizowany jest incydent
Alert	Szczegółowy opis incydentu
Submit Date	Data i czas, kiedy incydent pokazał się w systemie utrzymania ICT dla inżynierów
Time To Notify (Min)	Pokazuje czas w minutach w jakim zostało wysłane powiadomienie do klienta końcowego
Time to Restore (Min)	Pokazuje czas w minutach w jakim została przywrócona usługa do działania
Total Pending Time (Min)	Czas w jakim incydent był obsługiwany przez firmy podwykonawcze, klienta lub osoby trzecie
TTN OK	Pokazuje, czy został zachowany czas powiadomienia zgodnie z umową
TTR OK	Pokazuje, czy został zachowany czas przywrócenia usługi do działania zgodnie z umową
Urgency	Pilność incydentu: Critical, High, Medium, Low
Associated PBI	Informacja czy w ramach pracy analityków w procesie zarządzania problemami został przypisany problem do danego incydentu. Wartość 1 oznacza, że analityk wskazał dany incydent do dalszej analizy. Wartość 0 wskazuje, że incydent nie został zakwalifikowany do dalszej analizy. Na podstawie tych informacji będzie weryfikowane działanie modelu.

Opracowanie własne.

Tab. 4.2 Ankieta badawcza dla określenia istotności sygnałów w utrzymaniu systemów ICT

Survey questionnaire

Dear Survey member,

This survey is to collect your preference in area of problem management. We'd like to know your priorities which fields you are taking into consideration and with what importance when taking decision in the process of selecting incident to further RCA analysis during problem management analytics. On the right-hand side please provide a number in every line which is corresponding to your understanding of importance of every field provided in the list. Please note that sum of all points must be equal to 100.

Field	Comment	Points (Sum must be equal to 100)
Assignee	Name of engineer who resolved incident	
Description	Short description of incident - incident title	
Device Name	Name of device in question	
Impact	Incident impact: Widespread, Large, Localized, Individual	
Incident Number	Increasing incident number identifying customer and number of incident	
Initial Notification Date	Time from beginning of incident to notification time – Time To Notify (TTN). Described as date/time.	
Resolution Category Tier 3	Final resolution text entered by engineer	
Service Restored Date	Time from beginning of incident to restoration of service - Time To Restore (TTR). Described as date/time.	
Site	Name of site where device is located	
Alert	Detailed description of incident	
Submit Date	Start of incident. Described as date/time.	
Time To Notify (Min)	Time in minutes measuring TTN.	
Time to Restore (Min)	Time in minutes measuring TTR.	
Total Pending Time (Min)	Time where support engineer was waiting for customer or 3 rd party for answers.	
TTN OK	Was SLA for Time to Notify OK? 1=true 0=false	
TTR OK	Was SLA for Time to Restore OK? 1=true 0=false	
Urgency	Incident urgency: Critical, High, Medium, Low	
		Sum of points =100

Thank you for your support
 Best Regards
 Survey Team

Opracowanie własne.

Ankieta badawcza składała się z tabeli zawierającej trzy kolumny:

- „Field” – posortowane alfabetycznie nazwy dostępnych sygnałów, które występują w systemie utrzymania systemów ICT w procesie zarządzania incydentami,
- „Comments” – opis znaczenia danego sygnału zgodny z instrukcjami procesu utrzymania systemów ICT,
- „Points” – pole, w którym ankietowany został poproszony o wpisanie liczby punktów, odzwierciedlających jego ocenę istotności danego sygnału z zakresu od zero do sto, w aspekcie wykorzystania w podejmowaniu decyzji o zakwalifikowaniu incydentu do procesu zarządzania problemami. Dodatkowo poinformowano o wymogu, aby suma wszystkich punktów w kolumnie „Points” wynosiła 100.

Przewidując, że współczynnik sukcesu (zwrotu poprawnie wypełnionych ankiet) będzie niższy niż 100%, przygotowaną ankietę badawczą przesłano do wszystkich ekspertów (ilość wszystkich ekspertów pracujących przy wyborze incydentów w procesie zarządzania problemami wynosiła na dzień badania 21) firmy Cisco Systems, z prośbą o jej wypełnienie. Każdy z ekspertów – respondentów został poinformowany, aby każdemu wierszowi w ankiecie przypisać liczbę punktów w prawej kolumnie, która odzwierciedla jego ocenę istotności danego sygnału. Większa liczba przypisana do danego wiersza oznacza wyższą ocenę istotności danego sygnału. Suma liczb przypisanych do wszystkich sygnałów musi być równa 100.

Otrzymano zwrot 14 prawidłowo wypełnionych ankiet, co daje następujące wyniki:

- poziom ufności = 0.95,
- wielkość populacji = 21,
- wielkość próby = 14,
- szacowana wielkość frakcji = 0.5,
- błąd maksymalny = 15%.

Liczba zwrotów poprawnie wypełnionych ankiet nie zapewnia osiągnięcia maksymalnego błędu na poziomie 5%, jednakże taka ilość ankiet została zwrócona i na jej podstawie przeprowadzono dalsze badania. Na podstawie przesłanych ankiet opracowano wyniki, przedstawione na rys. 4.1 i w tab. 4.3, które ułożone są zgodnie z układem wierszy w ankiecie.

Aby ocenić zgodność odpowiedzi poszczególnych respondentów użyto współczynnika zgodności Kendall-a (równanie 14), który może przyjmować wartości od 0 do 1¹⁴⁰. Współczynnik W Kendall-a przyjmuje wartość 1, gdy występuje pełna zgodność odpowiedzi respondentów lub 0 w przypadku, gdy tej zgodności jest brak.

$$R_i = \sum_{j=1}^m r_{ij} \quad (11)$$

$$\bar{R} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_i \quad (12)$$

$$S = \sum_{i=1}^n (R_i - \bar{R})^2 \quad (13)$$

$$W = \frac{12S}{m^2(n^3 - n)} \quad (14)$$

gdzie

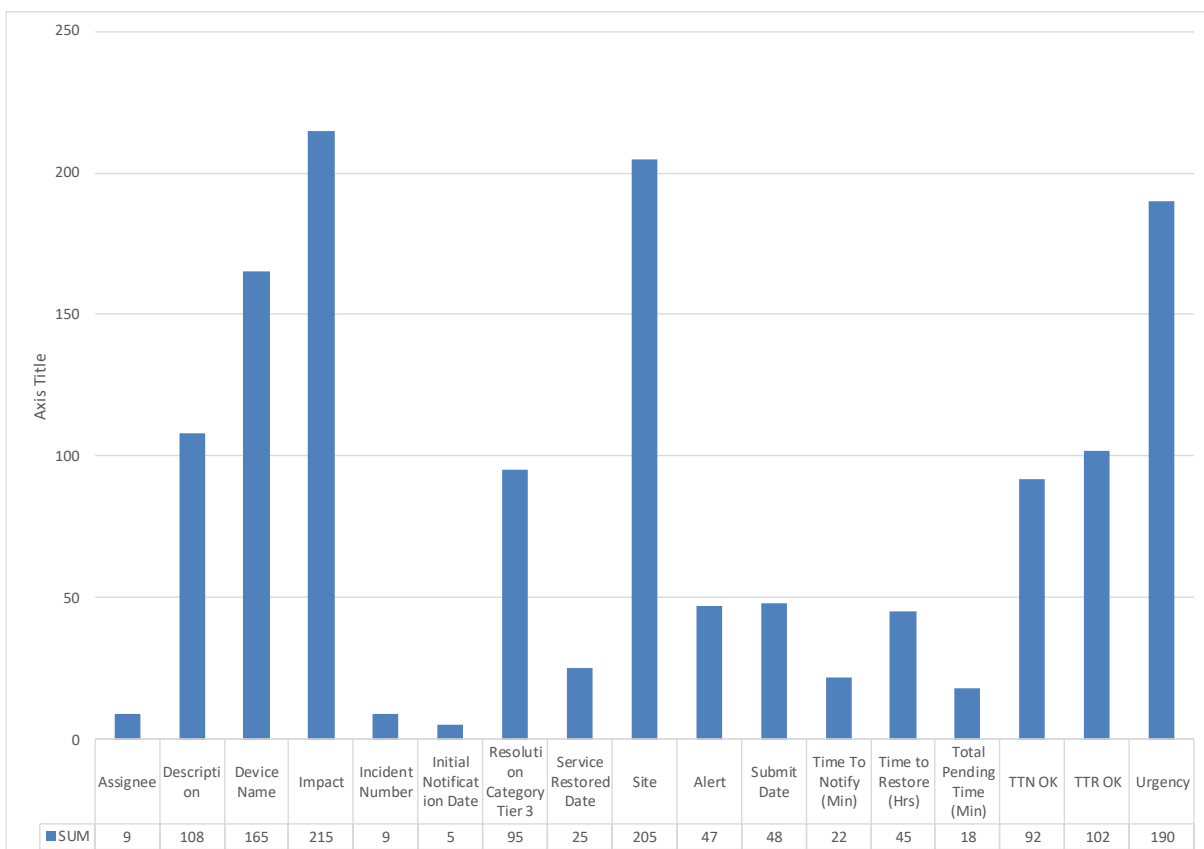
n – liczba sygnałów

m – liczba respondentów

r_{ij} – ocena wydana przez respondenta j dla sygnału i

Dla odpowiedzi analityków firmy Cisco Systems zamieszczonych w tab. 4.3 współczynnik zgodności Kendall-a wynosi $W = 0,721$, co wskazuje na znaczną zgodność odpowiedzi poszczególnych respondentów.

¹⁴⁰ Kendall, M. G.; Babington Smith, B., "The Problem of m Rankings". The Annals of Mathematical Statistics. 10, 1939, strona 275–287.



Rys. 4.1 Wyniki badań ankietowych dotyczące istotności sygnałów w utrzymaniu systemów ICT

Opracowanie własne.

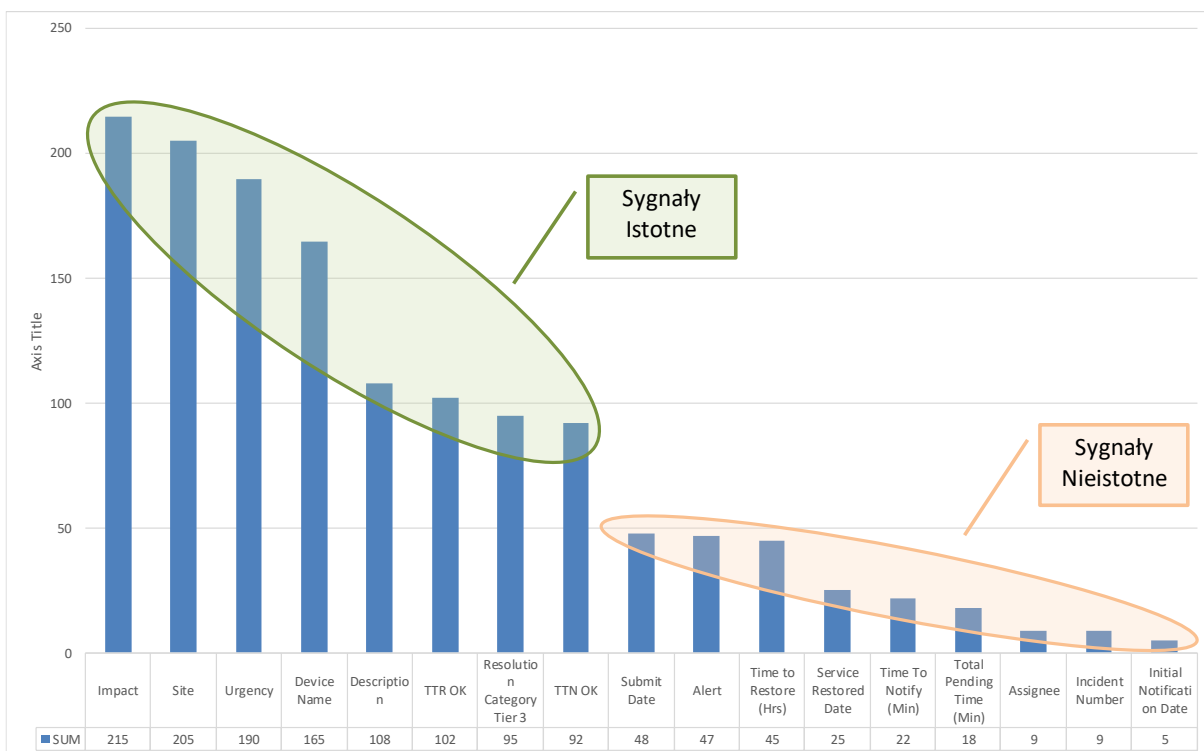
Tab. 4.3 Wyniki badań ankietowych dotyczących istotności sygnałów w utrzymaniu systemów ICT

Nazwa Sygnału	Respondent 1	Respondent 2	Respondent 3	Respondent 4	Respondent 5	Respondent 6	Respondent 7	Respondent 8	Respondent 9	Respondent 10	Respondent 11	Respondent 12	Respondent 13	Respondent 14	Istotność
Assignee	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	9
Description	10	10	10	5	10	8	15	5	5	7	8	10	3	2	108
Device Name	10	20	10	10	5	10	10	15	10	10	15	10	15	15	165
Impact	10	10	15	15	15	20	15	20	15	15	20	10	20	15	215
Incident Number	0	0	1	3	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1	9
Initial Notification Date	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	5

Nazwa Sygnału	Respondent 1	Respondent 2	Respondent 3	Respondent 4	Respondent 5	Respondent 6	Respondent 7	Respondent 8	Respondent 9	Respondent 10	Respondent 11	Respondent 12	Respondent 13	Respondent 14	Istotność
Resolution Category Tier 3	10	0	5	5	10	10	10	5	5	5	5	5	10	10	95
Service Restored Date	5	0	5	1	0	3	1	2	1	0	1	5	0	1	25
Site	10	20	10	15	20	15	15	15	20	10	15	15	15	10	205
Status Reason	0	2	3	3	5	1	0	7	8	3	2	5	7	1	47
Submit Date	5	5	0	2	0	1	5	0	5	10	5	0	0	10	48
Time To Notify (Min)	5	1	5	2	0	1	1	0	1	0	0	5	0	1	22
Time to Restore (Min)	5	0	5	5	0	3	5	0	1	5	1	0	10	5	45
Total Pending Time (Min)	0	1	5	2	0	1	1	0	1	0	0	5	0	2	18
TTN OK	10	5	5	5	5	7	5	5	0	15	10	10	5	5	92
TTR OK	10	5	10	5	10	7	5	5	5	10	5	10	5	10	102
Urgency	10	20	10	20	20	10	10	20	20	10	10	10	10	10	190
SUMA	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	

Opracowanie własne.

Na rys. 4.2 przedstawiono dane uzyskane z ankiet badawczych, posortowane pod względem istotności sygnałów, czyli sumy punktów, które otrzymały od ekspertów.



Rys. 4.2 Wyniki badań ankietowych z wskazaniem istotności sygnałów

Opracowanie własne.

Dla wskazania zaznaczonych na rys. 4.2 sygnałów istotnych i nieistotnych wykorzystano współczynnik Gini-ego¹⁴¹:

$$G(y) = \frac{\sum_{i=1}^n (2i - n - 1)y_i}{n^2 \bar{y}} \quad (15)$$

gdzie y_i oznacza wartość i -tej obserwacji (liczbę punktów uzyskanych w ankiecie dla danego sygnału), a $\bar{y} = 82,35$ to wartość średnia dla wszystkich sygnałów liczona według wzoru:

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \quad (16)$$

¹⁴¹ Gini, C., "Concentration and dependency ratios" (in Italian). English translation in Rivista di Politica Economica, 87 (1997), strona 769–789.

Obliczona wartość współczynnika Gini-ego $G = 0,47$. Oznacza to że 47% sygnałów o największych wartościach stanowi grupę istotnych sygnałów (rys. 4.2).

Grupa sygnałów istotnych obejmuje:

- impact,
- site,
- urgency,
- device name.
- description,
- TTR OK,
- resolution category Tier3,
- TTN OK.

Grupa sygnałów nieistotnych obejmuje:

- submit date,
- alert,
- time to Restore (Min),
- service Restored Date,
- time To Notify (Min),
- total Pending Time (Min),
- assignee,
- incident Number,
- initial Notification Date.

Dla osiągnięcia sformułowanych celów pracy sygnały należące do grupy istotnych (uporządkowane alfabetycznie w tab. 4.4) należy poddać dalszym badaniom, ukierunkowanym na określenie ich przydatności w metodzie sztucznej inteligencji opartej na sieciach neuronowych.

Tab. 4.4 Sygnały istotne w systemie utrzymania ICT, które należy poddać dalszym badaniom w aspekcie ich przydatności w metodzie sieci neuronowej

Nazwa Sygnału	Opis
Description	Krótki opis czego dotyczy incydent
Device Name	Nazwa urządzenia, którego dotyczy incydent

Nazwa Sygnału	Opis
Impact	Wpływ incydentu na systemy ICT. Mieści się on w czterech (4) kategoriach: Widespread, Large, Localized, Individual
Resolution Category Tier 3	Kategoria w jakie został umieszczony incydent po jego rozwiązaniu. Kategorie te grupują oraz pokazują potencjalne przyczyny powstawania incydentów. Wartość jest nadawana przez inżyniera pracującego nad incydem, a wybierana jest z dostępnej listy kategorii.
Site	Nazwa lokalizacji w jakiej zlokalizowany jest incydent
TTN OK	Pokazuje, czy został zachowany czas powiadomienia zgodnie z umową
TTR OK	Pokazuje, czy został zachowany czas przywrócenia usługi do działania zgodnie z umową
Urgency	Pilność incydentu: Critical, High, Medium, Low

Opracowanie własne.

4.2 Analiza przydatności istotnych sygnałów dla zastosowania wybranej metody sztucznej inteligencji

Z badań w zakresie istotności sygnałów dostępnych z procesu zarządzania incydentami wynika, że w procesie zarządzania problemami analitycy (eksperci firmy Cisco Systems) w wyborze incydentów do dalszej analizy kierują się głównie ośmioma sygnałami, które określono jako istotne.

Sygnały te posiadają różne cechy, które warunkują ich przydatność w aspekcie wykorzystania metod sztucznej inteligencji. Metody sztucznej inteligencji oparte o sieci neuronowe wymagają, aby wartości sygnałów wejściowych zawierały się w przedziale pomiędzy 0 a 1 lub też umożliwiały normalizację wartości sygnału do tych zakresów.

W tab. 4.5 przedstawiono sygnały istotne wyselekcjonowane na podstawie badań ankietowych oraz wyniki ich analizy w aspekcie przydatności do wykorzystania w sieciach neuronowych¹⁴². Z analizy tej wynika, że nie wszystkie sygnały, na podstawie których dokonuje się wyboru incydentów do procesu zarządzania problemami, można wykorzystać w sieciach neuronowych, gdyż nie poddają się one normalizacji ze względu na bardzo dużą zmienność parametrów oraz ich specyficzność tylko dla danego przypadku. Tylko niektóre

¹⁴² Gościński T., „Analiza sygnałów z procesu zarządzania incydentami w systemach ICT i ich wykorzystanie w podejmowaniu decyzji z użyciem metod sztucznej inteligencji”, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej seria Organizacja i zarządzanie, Zeszyt 78, Gliwice 2015, strony 143-154.

sygnały dostępne w procesie utrzymania systemów ICT można przeanalizować przy pomocy sieci neuronowych.

Reasumując, sygnały dostępne z procesu zarządzania incydentami można podzielić na:

- poddające się normalizacji lub naturalnie posiadające odpowiedni zakres wartości, które można wykorzystać w metodzie sieci neuronowych,
- niepoddające się normalizacji lub też normalizacja ich jest zależna od poszczególnych przykładów np. nazwa urządzenia lub lokalizacji, które nie nadają się do wykorzystania w metodzie sieci neuronowych.

Tab. 4.5 Przydatność sygnałów istotnych w aspekcie ich wykorzystania w metodzie sieci neuronowych

Nazwa Sygnału	Typ danych sygnału	Zakres wartości jakie przybiera sygnał	Komentarz	Możliwość analizy przy pomocy sieci neuronowej
Impact	Tekstowy	4 wartości tekstowe	Poddaje się normalizacji przy pomocy metody 1 z N	Tak
Site	Tekstowy	Opisowy, nazwa lokalizacji, duża ilość potencjalnych wartości	Duża zmienność parametrów sygnału, nie poddaje się normalizacji	Nie
Urgency	Tekstowy	4 wartości tekstowe	Poddaje się normalizacji przy pomocy metody 1 z N	Tak
Device Name	Tekstowy	Opisowy, nazwa urządzenia, duża ilość potencjalnych wartości	Duża zmienność parametrów sygnału, nie poddaje się normalizacji	Nie
Description	Tekstowy	Opisowy, opis incydentu, duża ilość potencjalnych wartości	Duża zmienność parametrów sygnału, nie poddaje się normalizacji	Nie
TTR OK	Logiczny	2 wartości, prawda (1) i fałsz (0)	Nie wymaga normalizacji, wartości sygnału w zakresie wymaganym	Tak
Resolution Category Tier3	Tekstowy	Opisowy, sposób rozwiązania incydentu, duża ilość potencjalnych wartości	Duża zmienność parametrów sygnału, nie poddaje się normalizacji	Nie
TTN OK	Logiczny	2 wartości, prawda (1) i fałsz (0)	Nie wymaga normalizacji, wartości sygnału w zakresie wymaganym	Tak

Opracowanie własne.

Do sygnałów, które nie nadają się do wykorzystania w metodzie sieci neuronowych należą: site, device Name, description, resolution Category Tier3.

Do sygnałów, które nadają się do wykorzystania w metodzie sieci neuronowych należą:

- impact,
- urgency,
- TTR OK,
- TTN OK.

Dla osiągnięcia sformułowanych celów niniejszej pracy wyróżnione sygnały należy poddać dalszym badaniom, dla zgromadzenia wiedzy eksperckiej w ich zakresie, a następnie jej wykorzystania w metodzie sieci neuronowych dla wspomaganie decyzji o ulepszaniu systemów ICT.

5 Badania dla zebrania wiedzy eksperckiej w podejmowaniu decyzji o ulepszaniu systemów ICT

Dla zebrania wiedzy eksperckiej na podstawie, której podejmowane są decyzje o zakwalifikowaniu incydentu jako problemu, czyli o ulepszaniu systemów ICT, przeprowadzono badania ankietowe. Wzięło w nich udział 14 ekspertów, zatrudnionych na stanowiskach analityków firmy Cisco Systems, którzy uczestniczyli w badaniach ukierunkowanych na określenie istotności sygnałów w utrzymaniu systemów ICT. Celem badań było zgromadzenie wiedzy eksperckiej, umożliwiającej dokonanie trafnego wyboru incydentów do dalszej analizy w procesie zarządzania problemami na podstawie parametrów ich wpływu (impact), pilności (urgency) i zachowania kontraktowych zobowiązań związanych z czasami odpowiedzi TTN OK (Time to Notify) oraz czasami naprawy TTR OK (Time to Restore).

Podstawą przeprowadzenia badań była ankieta badawcza (tab. 5.1). Użyto w niej języka angielskiego, który jest podstawą komunikacji w firmie Cisco Systems.

Na podstawie analizy książek obsługi Cisco Systems (pkt 1.2), jako podstawę do opracowania ankiety przyjęto tabelę budowy priorytetów incydentów.

Ankieta obejmowała tabelę zawierającą matrycę wszystkich wartości parametrów pilność (urgency) oraz wpływ (impact) – w sumie 16 pól dla każdej kombinacji parametrów TTN OK i TTR OK. Każdy ekspert – respondent był proszony o przyznanie wartości „1” w polu, w którym uważa, że dla danych dwóch parametrów pilności i wpływu należy prowadzić dalszą analizę incydentu w procesie zarządzania problemami.

Matryca została przedstawiona dla wszystkich czterech kombinacji parametrów TTN OK oraz TTR OK. Ankieta składała się więc z czterech tabel, każda dla różnych kombinacji parametrów TTN OK oraz TTR OK. Tabele zawierały w wierszach wszystkie wartości parametru pilności, a w kolumnach wszystkie wartości parametru wpływu incydentu. Tak zbudowana ankieta obejmowała 64 kombinacje czterech parametrów:

- TTR OK,
- TTN OK,
- pilność,
- wpływ.

Tab. 5.1 Ankieta badawcza dla zebrania wiedzy eksperckiej w zakresie utrzymania systemów ICT

Survey questionnaire

Dear Survey member,

This survey is to collect expert’s knowledge in problem management process. Survey will be conducted with you during face to face interview when you are going to be asked several questions about your decisions about selecting incidents as a problem. Survey will be based on the below table where pollster will take notes based on your answers.

Name	Does further analysis of Incident is required in Problem Management Process? 1 = true 0 = false	TTR OK = 1		TTN OK = 1		TTR OK = 1		TTN OK = 0		TTR OK = 0		TTN OK = 1		TTR OK = 0		TTN OK = 0	
		Impact				Impact				Impact				Impact			
		Widespread	Large	Localized	Individualized	Widespread	Large	Localized	Individualized	Widespread	Large	Localized	Individualized	Widespread	Large	Localized	Individualized
Urgency	Critical																
	High																
	Medium																
	Low																

Thank you for your support
Best Regards
Survey Team

Opracowanie własne.

Badania przeprowadzono z wykorzystaniem zdalnych sesji wideokonferencyjnych lub bezpośrednio w biurze analityka – eksperta, w zależności od lokalizacji pracownika firmy Cisco Systems.

W tab. 5.2 przedstawiono przykładową część ankiety dla parametrów TTR OK=1 oraz TTN OK=1. Ankieter (autor pracy) zbierał dane dla każdej z czterech kombinacji parametrów TTR OK i TTN OK. Wpisywał on:

- wartość jeden w polu na przecięciu wartości parametrów pilności i wpływu incydentu, gdy analityk – ekspert oceniał, że incydent należy zakwalifikować do dalszej analizy w procesie zarządzania problemami,
- wartość zero w polu na przecięciu odpowiednich wartości parametrów pilności i wpływu incydentu, gdy analityk – ekspert oceniał, że incydentu nie należy zakwalifikować do dalszej analizy w procesie zarządzania problemami.

Tab. 5.2 Przykładowa tabela ankiety zbierającej wiedzę ekspercką dla parametrów TTR OK=1, TTN OK=1

		TTR OK = 1	TTN OK = 1		
		<i>Impact</i>			
		<i>Widespread</i>	<i>Large</i>	<i>Localized</i>	<i>Individualized</i>
<i>Urgency</i>	<i>Critical</i>				
	<i>High</i>				
	<i>Medium</i>				
	<i>Low</i>				

Opracowanie własne.

W tab. 5.3. przedstawiono dane otrzymane z badań ankietowych. Posłużą one za źródło wiedzy dla metody sztucznej inteligencji opartej o sieci neuronowe.

Tab. 5.3 Wyniki badań ankietowych wiedzy eksperckiej

Respondent	Does further analysis of Incident is required in Problem Management Process? 1 = true 0 = false	TTR OK = 1	TTN OK = 1	TTR OK = 1	TTN OK = 0	TTR OK = 0	TTN OK = 1	TTR OK = 0	TTN OK = 0									
		Impact				Impact				Impact				Impact				
		Widespread	Large	Localized	Individualized	Widespread	Large	Localized	Individualized	Widespread	Large	Localized	Individualized	Widespread	Large	Localized	Individualized	
1	Urgency	Critical	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0
		High	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0
		Medium	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0
		Low	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
2	Urgency	Critical	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0
		High	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0
		Medium	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0
		Low	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
3	Urgency	Critical	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0
		High	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0
		Medium	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0
		Low	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	Urgency	Critical	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0
		High	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0
		Medium	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0
		Low	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	Urgency	Critical	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1
		High	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0
		Medium	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0
		Low	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	Urgency	Critical	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1
		High	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0
		Medium	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0
		Low	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	Urgency	Critical	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1
		High	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0
		Medium	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0
		Low	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Respondent	Does further analysis of Incident is required in Problem Management Process? 1 = true 0 = false	TTR OK = 1	TTN OK = 1	TTR OK = 1	TTN OK = 0	TTR OK = 0	TTN OK = 1	TTR OK = 0	TTN OK = 0										
		Impact				Impact				Impact				Impact					
		Widespread	Large	Localized	Individualized	Widespread	Large	Localized	Individualized	Widespread	Large	Localized	Individualized	Widespread	Large	Localized	Individualized		
8	Urgency	Critical	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	
		High	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	
		Medium	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	
		Low	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	Urgency	Critical	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	
		High	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	
		Medium	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	
		Low	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	Urgency	Critical	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	
		High	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	
		Medium	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	
		Low	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	Urgency	Critical	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	
		High	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	
		Medium	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	
		Low	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	Urgency	Critical	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	
		High	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	
		Medium	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	
		Low	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	Urgency	Critical	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	
		High	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	
		Medium	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Low	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	Urgency	Critical	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	
		High	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	
		Medium	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Low	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Opracowanie własne.

Badania ankietowe w firmie Cisco Systems pokazały nieznaczną zmienność pomiędzy respondentami, jeżeli chodzi o wybór incydentów na podstawie badanych sygnałów. Zachowanie takie świadczy o równomiernym wyszkoleniu analityków.

Analitycy odpowiadali identycznie, jeżeli chodzi o klasyfikację incydentów o najwyższym wpływie oraz pilności, czyli priorytecie. Nieznaczne różnice można zauważyć w miarę zmniejszania się wpływu oraz pilności incydentów. Różnice uwidaczniają się szczególnie w obszarach, gdzie parametry kontraktowe TTR OK i TTN OK nie zostały dochowane przy incydentach o niższych priorytetach. Aby można było zbudować zbiory uczące metody sztucznej inteligencji na podstawie zgromadzonych danych ankietowych, należy dokonać ich konsolidacji. Konsolidacja danych polega na uśrednieniu ich metodą arytmetyczną oraz zaokrągleniu do 1 w przypadku wartości średniej od 0.5 włącznie do 1 oraz zaokrągleniu do 0 w przypadku wartości średniej od 0 do 0.49(9).

Zgromadzona wiedza (baza wiedzy) zawiera następujące informacje pokazane w tab. 5.4 (budowa priorytetów – tab. 1.6). Wynika z nich, że:

- incydenty o priorytecie jeden są zawsze badane niezależnie od parametrów TTN i TTR,
- niedotrzymanie zobowiązań kontraktowych wynikających z czasu powiadamiania (TTN) skutkuje badaniem zawsze incydentów o priorytecie jeden oraz najbardziej krytycznych incydentów o priorytecie dwa,
- niedotrzymanie zobowiązań kontraktowych wynikających z czasu naprawy (TTR) skutkuje badaniem zawsze incydentów o priorytecie jeden oraz dwóch kategorii najbardziej krytycznych incydentów o priorytecie dwa,
- niedotrzymanie dwóch parametrów kontraktowych, czasu powiadamiania (TTN) oraz czasu naprawy (TTR), skutkuje badaniem zawsze incydentów o priorytecie jeden, dwóch kategorii najbardziej krytycznych incydentów o priorytecie dwa, najbardziej rozległych incydentów o priorytecie dwa oraz dwóch kategorii najbardziej dotkliwych incydentów o priorytecie trzy.

Tab. 5.4 Zgromadzona wiedza ekspercka

Does further analysis of Incident is required in Problem Management Process? 1 = true 0 = false		TTR OK = 1		TTN OK = 1		TTR OK = 1		TTN OK = 0		TTR OK = 0		TTN OK = 1		TTR OK = 0		TTN OK = 0	
		Impact				Impact				Impact				Impact			
		Widespread	Large	Localized	Individualized	Widespread	Large	Localized	Individualized	Widespread	Large	Localized	Individualized	Widespread	Large	Localized	Individualized
Urgency	Critical	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0
	High	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0
	Medium	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0
	Low	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

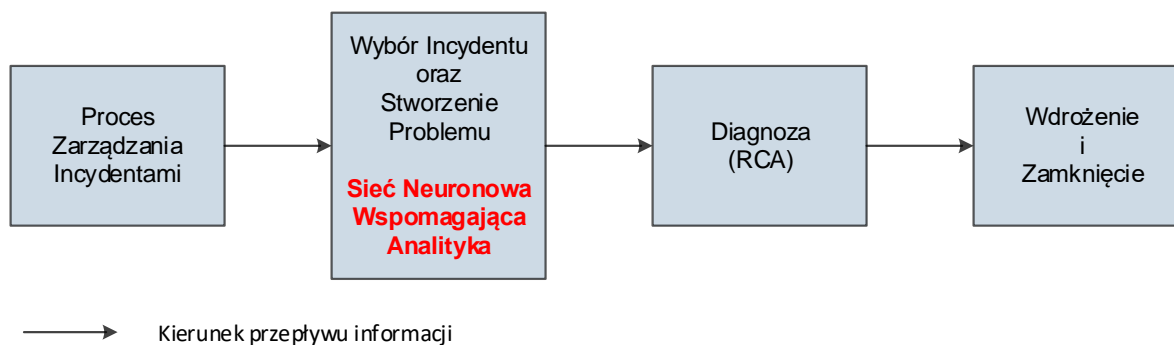
Opracowanie własne.

Uzyskane wyniki badań pozwalają na stwierdzenie, że w obszarze badanych sygnałów istnieje wiedza ekspercka, którą da się skonsolidować i zapisać w formie zrozumiałej dla sieci neuronowych. Stanowi to podstawę do budowy i implementacji sieci neuronowej do podejmowania decyzji o ulepszeniu systemów ICT.

6 Implementacja wybranej metody sztucznej inteligencji do podejmowania decyzji o ulepszaniu systemów ICT

Celem wykorzystania metody sieci neuronowych jest wspomaganie analityków dla skrócenia czasu podejmowania trafnych decyzji w zakresie ulepszania systemów ICT. Przyjęto, że implementacja sieci neuronowych przyczyni się przez to do poprawy dostępności systemów ICT, a w konsekwencji – niezawodności systemów produkcyjnych.

W odniesieniu do rozważań zawartych w pkt 1 (rys. 1.16) przyjęto, że implementacja metody sieci neuronowych dotyczy obszaru „Wybór Incydentu i Stworzenie Problemu”, co przedstawiono na rys. 6.1.



Rys. 6.1 Utrzymanie systemów ICT z wykorzystaniem sieci neuronowych

Opracowanie własne.

Podstawą wykorzystania metody sieci neuronowych do wspomagania podejmowania decyzji o ulepszaniu systemów ICT są wyniki badań przedstawione w rozdz. 3 – 5. W szczególności wyniki te zostały uwzględnione w budowie sieci neuronowej, a następnie podczas jej zastosowania w praktyce.

6.1 Budowa sieci neuronowej

Do budowy sieci neuronowej przyjęto następujące założenia i warunki wstępne:

- wiedza ekspercka zgromadzona w trakcie badań ankietowych (rozdz. 5) zostanie użyta jako dane wejściowe w celach treningowych,
- historyczne dane wejściowe z systemów utrzymania ICT zostaną poddane wstępnej obróbce oraz normalizacji w celu ich użycia w analizie incydentów i ich kwalifikowaniu jako problemy przy użyciu sieci neuronowych,

- wyniki uzyskane przy użyciu sieci neuronowych zostaną porównane z wynikami osiągniętymi przez analityków, które będą uważane za poziom odniesienia,
- jako narzędzie symulacji sieci neuronowych zostanie wykorzystany pakiet symulacji sieci neuronowych „Neuroph Studio” wersja 2.92¹⁴³, który jest udostępniany na zasadzie licencji „Apache 2.0”¹⁴⁴,
- zostanie użyta jednokierunkowa sieć neuronowa z pojedynczym wyjściem, które będzie wskazywało na wybór incydentu do dalszej analizy w procesie zarządzania problemami,
- do uczenia sieci neuronowej zostanie zastosowana metoda wstecznej propagacji, przy standardowych parametrach uczenia sieci neuronowych: współczynnika uczenia (0.1) oraz momentu (0.9) i przyjęciu błędu średniokwadratowego (MSE) jako wskaźnika oceny wyników uczenia.
- zostaną sprawdzone różne funkcje aktywacji: sigmoid i tanh,
- zostanie sprawdzona przydatność neuronów z BIAS-em.

Budowa sieci neuronowej wymaga:

1. Opracowania zbioru uczącego sieć neuronową na podstawie zgromadzonej wiedzy eksperckiej oraz normalizację danych w celu przystosowania ich do wymagań przetwarzania przez sieci neuronowe.
2. Wyboru optymalnej konfiguracji architektury sieci neuronowej na podstawie porównywania wielkości parametrów MSE różnych sieci neuronowych w procesie ich uczenia.

6.1.1 Opracowanie zbioru uczącego i normalizacja danych

Zgromadzona wiedza ekspercka powinna zostać przekształcona w zbiór uczący sieć neuronową. Aby tego dokonać należy przekształcić dostępne dane wejściowe tak, aby nadawały się do analizy incydentów przy pomocy sieci neuronowych. Wynikiem badań

¹⁴³ Sevarac J. T., 2016, 09 3, Neuroph, Java Neural Network Framework. Pobrano z lokalizacji Sourceforge: <http://neuroph.sourceforge.net/>.

¹⁴⁴ Apache. (2016, 05 11). Apache License Version 2.0, January 2004. Pobrano z lokalizacji Apache Software Foundation: <http://www.apache.org/licenses/LICENSE-2.0.html>.

w zakresie istotności sygnałów oraz ich przydatności do analizy incydentów z użyciem sieci neuronowych jest lista sygnałów, które należy wstępnie przygotować i znormalizować:

- pilność (urgency),
- wpływ (impact),
- TTR OK,
- TTN OK.

Poniżej podano wartości jakie mogą przyjmować sygnały, które zostaną poddane analizie z wykorzystaniem sieci neuronowych.

Sygnał pilność (urgency) przyjmuje następujące wartości:

- critical: TRUE=1, FALSE=0,
- high: TRUE=1, FALSE=0,
- medium: TRUE=1, FALSE=0,
- low: TRUE=1, FALSE=0.

Sygnał wpływ (impact) przyjmuje następujące wartości:

- widespread: TRUE=1, FALSE=0,
- large: TRUE=1, FALSE=0,
- localized: TRUE=1, FALSE=0,
- individualized: TRUE=1, FALSE=0.

Sygnał TTR OK przyjmuje następujące wartości:

- TRUE=1,
- FALSE=0.

Sygnał TTN OK przyjmuje następujące wartości:

- TRUE=1,
- FALSE=0.

Sieć neuronowa może przyjmować dane wejściowe w wartościach z zakresu od 0 do 1. W związku z tym ograniczeniem, należy przeprowadzić wstępną modyfikację niektórych sygnałów, aby ich wartości były z wymaganego zakresu. Sygnały TTR OK i TTN OK posiadają wartości z odpowiedniego zakresu i nie zostaną poddane wstępnej obróbce. Sygnał TTR OK zostanie przypisany do wejścia numer 1 (in1) w sieci neuronowej. Sygnał TTN OK zostanie przypisany do wejścia numer 2 (in2) w sieci neuronowej. Natomiast

sygnały pilność (urgency) oraz wpływ (impact) zostaną poddane normalizacji metodą 1 z N. Metoda 1 z N przypisuje pojedynczemu sygnałowi N różnych wejść do sieci neuronowej w zależności, od wartości którą przyjmuje sygnał w danej chwili. Każdy z sygnałów wpływ i pilność przyjmuje 4 różne wartości, więc metoda normalizacji będzie metodą 1 z 4.

Sygnał pilność będzie przekazywany do sieci neuronowej za pomocą czterech różnych wejść o numerach od 3 do 6 oraz zakodowany w sposób, który przedstawia tab. 6.1.

Tab. 6.1 Normalizacja sygnału „pilność”

Sygnał = pilność	Wejścia sieci neuronowej			
	Wejście3 (in3) Critical	Wejście4 (in4) High	Wejście5 (in5) Medium	Wejście6 (in6) Low
Critical	1	0	0	0
High	0	1	0	0
Medium	0	0	1	0
Low	0	0	0	1

Opracowanie własne.

Sygnał wpływ będzie przekazywany do sieci neuronowej za pomocą czterech różnych wejść o numerach od 7 do 10 oraz zakodowany w sposób, który przedstawia tab. 6.2.

Tab. 6.2 Normalizacja sygnału „wpływ”

Sygnał = Wpływ	Wejścia sieci neuronowej			
	Wejście7 (in7) Widespread	Wejście8 (in8) Large	Wejście9 (in9) Localized	Wejście10 (in10) Individualized
Widespread	1	0	0	0
Large	0	1	0	0
Localized	0	0	1	0
Individualized	0	0	0	1

Opracowanie własne.

Zgodnie z normalizacją wartości sygnałów oraz przypisaniem ich do wejść sieci neuronowej, można utworzyć zbiór kombinacji wszystkich wartości dostępnych parametrów. Zbiór uczący sieć neuronową jest przedstawiony w tab. 6.3.

Tab. 6.3 Zbiór uczący sieć neuronową

Sygnał oraz jego wartość	TTR		Pilność				Wpływ				Problem TAK=1 NIE=0
	TTR OK	TTN OK	Critical	High	Medium	Low	Widespread	Large	Localized	Individualized	
Wejście sieci neuronowej \ Numer kombinacji	in1	in2	in3	in4	in5	in6	in7	in8	in9	in10	out
1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1
2	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1
3	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0
4	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0
5	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1
6	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0
7	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0
8	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0
9	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0
10	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0
11	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0
12	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0
13	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0
14	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0
15	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0
16	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
17	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1

Sygnał oraz jego wartość	TTR		Pilność				Wpływ				Problem TAK=1 NIE=0
	TTR OK	TTN OK	Critical	High	Medium	Low	Widespread	Large	Localized	Individualized	
Wejście sieci neuronowej \ Numer kombinacji	in1	in2	in3	in4	in5	in6	in7	in8	in9	in10	out
18	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1
19	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1
20	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
21	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1
22	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1
23	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
24	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
25	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
26	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
27	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
28	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
29	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
30	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
31	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
32	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
33	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1
34	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1
35	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1
36	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0
37	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1
38	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1

Sygnał oraz jego wartość	TTR		Pilność				Wpływ				Problem TAK=1 NIE=0
	TTR OK	TTN OK	Critical	High	Medium	Low	Widespread	Large	Localized	Individualized	
Wejście sieci neuronowej \ Numer kombinacji	in1	in2	in3	in4	in5	in6	in7	in8	in9	in10	out
39	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1
40	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0
41	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0
42	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0
43	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0
44	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0
45	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0
46	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0
47	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0
48	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
49	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1
50	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1
51	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1
52	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
53	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1
54	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1
55	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1
56	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
57	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1
58	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1
59	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1

Sygnał oraz jego wartość	TTR		Pilność				Wpływ				Problem TAK=1 NIE=0
	TTR OK	TTN OK	Critical	High	Medium	Low	Widespread	Large	Localized	Individualized	
Wejście sieci neuronowej \ Numer kombinacji	in1	in2	in3	in4	in5	in6	in7	in8	in9	in10	out
60	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
61	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
62	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
63	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
64	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0

Opracowanie własne.

Przykładowo, numer kombinacji „1” oznacza, że dla sygnałów o wartościach TTR OK=1, TTN OK=1, pilność=critical, wpływ=widespread należy zaklasyfikować incydent do dalszej analizy w procesie zarządzania problemami, co zgadza się ze zgromadzoną wiedzą ekspercką.

6.1.2 Wybór optymalnej konfiguracji sieci neuronowej

Kształt zbioru uczącego narzuca na sieć neuronową następujące parametry stałe, które nie będą się zmieniały w trakcie wyboru innych parametrów konfiguracji sieci neuronowej:

- liczba wejść sieci neuronowej: 10,
- liczba wyjść sieci neuronowej: 1.

Dodatkowo oprócz parametrów stałych, aby dokonać wyboru optymalnej konfiguracji sieci neuronowej na podstawie porównywania wielkości parametrów MSE, należy uwzględnić następujące parametry zmienne:

- liczba neuronów w warstwie ukrytej,
- rodzaj funkcji aktywacji,
- wykorzystanie współczynnika momentu w procedurze uczenia sieci neuronowej,
- użycie neuronów z BIAS-em.

Metodologia wyboru parametrów sieci neuronowych sugeruje sprawdzenie wszystkich kombinacji dostępnych parametrów w celu wybrania optymalnej konfiguracji sieci neuronowej dla danego zbioru uczącego. Przy przyjęciu następujących parametrów zmiennych:

- liczba neuronów w warstwie ukrytej: od 1 do 20,
 - rodzaj funkcji aktywacji: sigmoid i tanh,
 - procedura uczenia: wsteczna propagacja bez współczynnika momentu lub wsteczna propagacja z współczynnikiem momentu,
 - wykorzystanie neuronów z BIAS-em lub brak wykorzystania neuronów z BIAS-em,
- całkowita liczba dostępnych kombinacji wynosi 160.

Zalecana jest użycie metody, która umożliwi ograniczenie maksymalnej liczby kombinacji parametrów zmiennych, a daje zadowalające rezultaty. Metoda ta sugeruje ograniczenie zmienności niektórych parametrów lub wprowadzenie skoku zmieniającego wartość parametru większego niż jeden. Przyjmując to podejście w celu ograniczenia liczby kombinacji parametrów sieci neuronowych, zostały przyjęte następujące założenia co do zmienności parametrów:

- ilość neuronów w warstwie ukrytej: 5, 10, 15 lub 20,
- rodzaj funkcji aktywacji: sigmoid lub tanh,
- procedura uczenia: wsteczna propagacja bez współczynnika momentu lub wsteczna propagacja z współczynnikiem momentu,
- wykorzystanie neuronów z BIAS-em lub brak wykorzystania neuronów z BIAS-em.

Dzięki użyciu metody zawężającej zmienność niektórych parametrów ograniczono liczbę kombinacji sieci neuronowych, które należy przetestować do 32. Parametry sieci neuronowych, które należy przetestować w celu wyboru optymalnej konfiguracji, przedstawiono w tab. 6.4.

Tab. 6.4 Parametry sieci neuronowych do testów

Liczba porządkowa	Liczba neuronów w warstwie ukrytej	Użycie neuronów z BIAS-em (tak/nie)	Funkcja aktywacji (sigmoid/tanh)	Metoda uczenia: wsteczna propagacja lub wsteczna propagacja z momentem
1	5	tak	sigmoid	wsteczna propagacja
2	5	nie	sigmoid	wsteczna propagacja

Liczba porządkowa	Liczba neuronów w warstwie ukrytej	Użycie neuronów z BIAS-em (tak/nie)	Funkcja aktywacji (sigmoid/tanh)	Metoda uczenia: wsteczna propagacja lub wsteczna propagacja z momentem
3	5	tak	tanh	wsteczna propagacja
4	5	nie	tanh	wsteczna propagacja
5	5	tak	sigmoid	wsteczna propagacja z momentem
6	5	nie	sigmoid	wsteczna propagacja z momentem
7	5	tak	tanh	wsteczna propagacja z momentem
8	5	nie	tanh	wsteczna propagacja z momentem
9	10	tak	sigmoid	wsteczna propagacja
10	10	nie	sigmoid	wsteczna propagacja
11	10	tak	tanh	wsteczna propagacja
12	10	nie	tanh	wsteczna propagacja
13	10	tak	sigmoid	wsteczna propagacja z momentem
14	10	nie	sigmoid	wsteczna propagacja z momentem
15	10	tak	tanh	wsteczna propagacja z momentem
16	10	nie	tanh	wsteczna propagacja z momentem
17	15	tak	sigmoid	wsteczna propagacja
18	15	nie	sigmoid	wsteczna propagacja
19	15	tak	tanh	wsteczna propagacja
20	15	nie	tanh	wsteczna propagacja
21	15	tak	sigmoid	wsteczna propagacja z momentem
22	15	nie	sigmoid	wsteczna propagacja z momentem
23	15	tak	tanh	wsteczna propagacja z momentem
24	15	nie	tanh	wsteczna propagacja z momentem
25	20	tak	sigmoid	wsteczna propagacja
26	20	nie	sigmoid	wsteczna propagacja
27	20	tak	tanh	wsteczna propagacja

Liczba porządkowa	Liczba neuronów w warstwie ukrytej	Użycie neuronów z BIAS-em (tak/nie)	Funkcja aktywacji (sigmoid/tanh)	Metoda uczenia: wsteczna propagacja lub wsteczna propagacja z momentem
28	20	nie	tanh	wsteczna propagacja
29	20	tak	sigmoid	wsteczna propagacja z momentem
30	20	nie	sigmoid	wsteczna propagacja z momentem
31	20	tak	tanh	wsteczna propagacja z momentem
32	20	nie	tanh	wsteczna propagacja z momentem

Opracowanie własne.

Wykorzystanie pakietu Neuroph do testowania zmienności parametrów sieci neuronowej przebiegało zgodnie z poniższą procedurą:

- stworzenie sieci neuronowej zgodnie z parametrami z tab. 6.4,
- załadowanie zbioru uczącego,
- reset sieci neuronowej,
- inicjalizacja wag sieci neuronowej poprzez nadanie im losowych wartości,
- start procesu uczenia,
- test sieci przy pomocy zbioru testowego identycznego z zbiorem uczącym,
- kopiowanie wyników testu w postaci błędu średniokwadratowego MSE.

Ocena efektywności sieci neuronowej przebiegała w procesie identyfikacji zadanych układów sygnałów wejściowym oraz reakcji na nie przez wskazanie czy dany przypadek należy zaklasyfikować do dalszej analizy (wyjście=1) zgodnie ze zbiorem uczącym. Ocena ta została zmierzona na podstawie wyliczenia błędu średniokwadratowego sieci neuronowej w trakcie procesu testowania sieci. Interpretacja wyników polegała na porównaniu błędów osiągniętych przez sieci neuronowe wykorzystujące wszystkie kombinacje parametrów zmiennych. Niższa wartość MSE oznacza większą trafność podejmowanych decyzji przez sieć neuronową w porównaniu z oczekiwaniami. Na podstawie porównania stopy błędów poszczególnych sieci neuronowych można dokonać wyboru sieci, która osiąga rezultaty najbardziej zbliżone do założonych w zbiorze uczącym. Tab. 6.5 przedstawia poszczególne sieci neuronowe o zadanych parametrach zgodnie z uporządkowaniem malejącym według wielkości błędu średniokwadratowego (MSE).

Tab. 6.5 Uporządkowanie testowanych sieci neuronowych według błędu średniokwadratowego (MSE)

Liczba porządkowa z tab. 6.4	Liczba neuronów w warstwie ukrytej	Użycie neuronów z BIAS-em (tak/nie)	Funkcja aktywacji (sigmoid/tanh)	Metoda uczenia: wsteczna propagacja lub wsteczna propagacja z momentem	Błąd średniokwadratowy MSE
29	20	tak	sigmoid	wsteczna propagacja z momentem	7.49E-04
5	5	tak	sigmoid	wsteczna propagacja z momentem	0.003611464
13	10	tak	sigmoid	wsteczna propagacja z momentem	0.00373396
21	15	tak	sigmoid	wsteczna propagacja z momentem	0.006140172
22	15	nie	sigmoid	wsteczna propagacja z momentem	0.012845592
30	20	nie	sigmoid	wsteczna propagacja z momentem	0.014885598
25	20	tak	sigmoid	wsteczna propagacja	0.016156106
6	5	nie	sigmoid	wsteczna propagacja z momentem	0.016560431
14	10	nie	sigmoid	wsteczna propagacja z momentem	0.016913679
17	15	tak	sigmoid	wsteczna propagacja	0.017296186
9	10	tak	sigmoid	wsteczna propagacja	0.017661877
26	20	nie	sigmoid	wsteczna propagacja	0.018037137
18	15	nie	sigmoid	wsteczna propagacja	0.018190546
1	5	tak	sigmoid	wsteczna propagacja	0.018523371
10	10	nie	sigmoid	wsteczna propagacja	0.018933284
2	5	nie	sigmoid	wsteczna propagacja	0.019345391
4	5	nie	tanh	wsteczna propagacja	0.111111111
16	10	nie	tanh	wsteczna propagacja z momentem	0.111111111
20	15	nie	tanh	wsteczna propagacja	0.111111111

Liczba porządkowa z tab. 6.4	Liczba neuronów w warstwie ukrytej	Użycie neuronów z BIAS-em (tak/nie)	Funkcja aktywacji (sigmoid/tanh)	Metoda uczenia: wsteczna propagacja lub wsteczna propagacja z momentem	Błąd średniokwadratowy MSE
24	15	nie	tanh	wsteczna propagacja z momentem	0.111111111
32	20	nie	tanh	wsteczna propagacja z momentem	0.111111111
3	5	tak	tanh	wsteczna propagacja	0.148148148
7	5	tak	tanh	wsteczna propagacja z momentem	0.148148148
11	10	tak	tanh	wsteczna propagacja	0.148148148
15	10	tak	tanh	wsteczna propagacja z momentem	0.148148148
19	15	tak	tanh	wsteczna propagacja	0.148148148
23	15	tak	tanh	wsteczna propagacja z momentem	0.148148148
27	20	tak	tanh	wsteczna propagacja	0.148148148
31	20	tak	tanh	wsteczna propagacja z momentem	0.148148148
8	5	nie	tanh	wsteczna propagacja z momentem	0.183122697
28	20	nie	tanh	wsteczna propagacja	0.259259259
12	10	nie	tanh	wsteczna propagacja	0.350252801

Opracowanie własne.

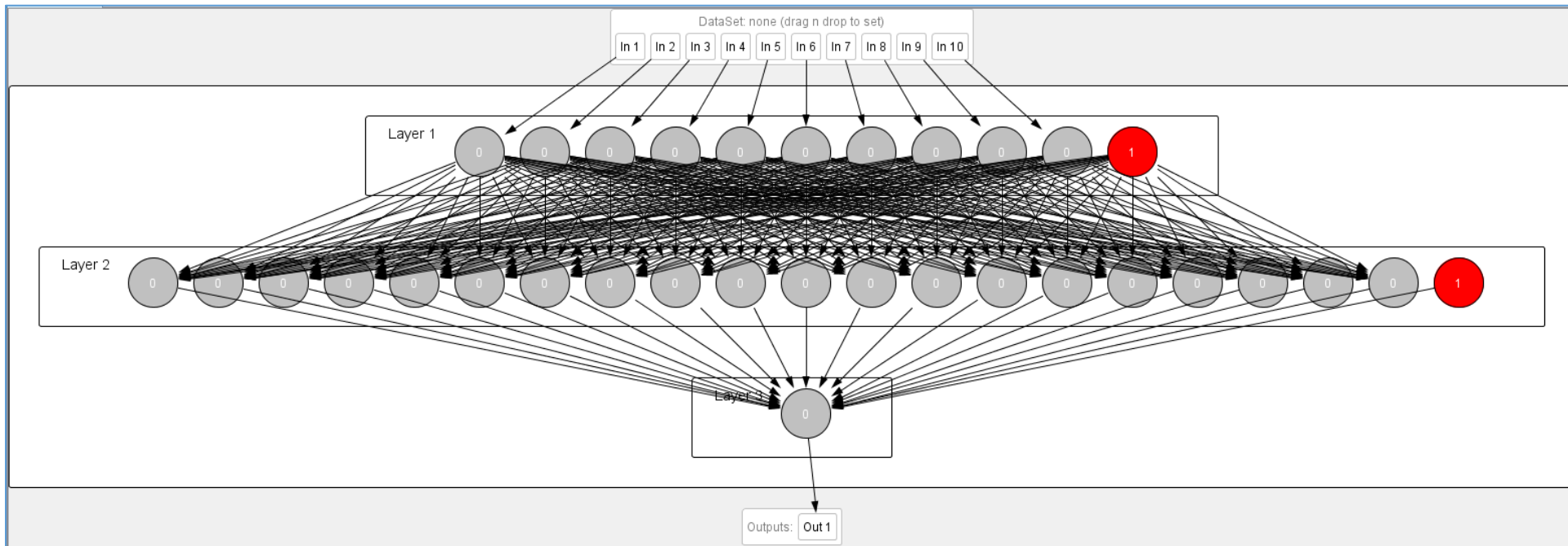
Dane uzyskane z badań kombinacji parametrów sieci neuronowych wskazują na preferencje wykorzystania jako funkcji aktywacji funkcji sigmoid, metody uczenia z wykorzystaniem wstecznej propagacji z współczynnikiem momentu oraz konieczność użycia neuronów z BIAS-em.

Tab. 6.5 wskazuje, że najefektywniejszą siecią neuronową do zastosowania w analizie incydentów i podejmowaniu decyzji o ich zakwalifikowaniu jako problemy jest sieć o następujących parametrach:

- liczba neuronów wejściowych: 10,
- liczba neuronów wyjściowych: 1,

- liczba neuronów w warstwie ukrytej: 20,
- wykorzystanie BIAS-u w neuronach,
- funkcja aktywacji: sigmoid,
- metoda uczenia: propagacja wsteczna z wykorzystaniem współczynnika momentu.

Sieć neuronowa o podanych wyżej parametrach, stworzona w pakiecie „Neuroph Studio”, została przedstawiona na rys. 6.2.



Rys. 6.2 Sieć neuronowa wykorzystywana w analizie incydentów i podejmowaniu decyzji o ich zakwalifikowaniu jako problemy

Opracowanie własne.

6.2 Wykorzystanie sieci neuronowej w praktyce

Przedstawioną w pkt 6.1 sieć neuronową wykorzystano w praktyce, dla jej zweryfikowania na trzech wybranych przykładach.

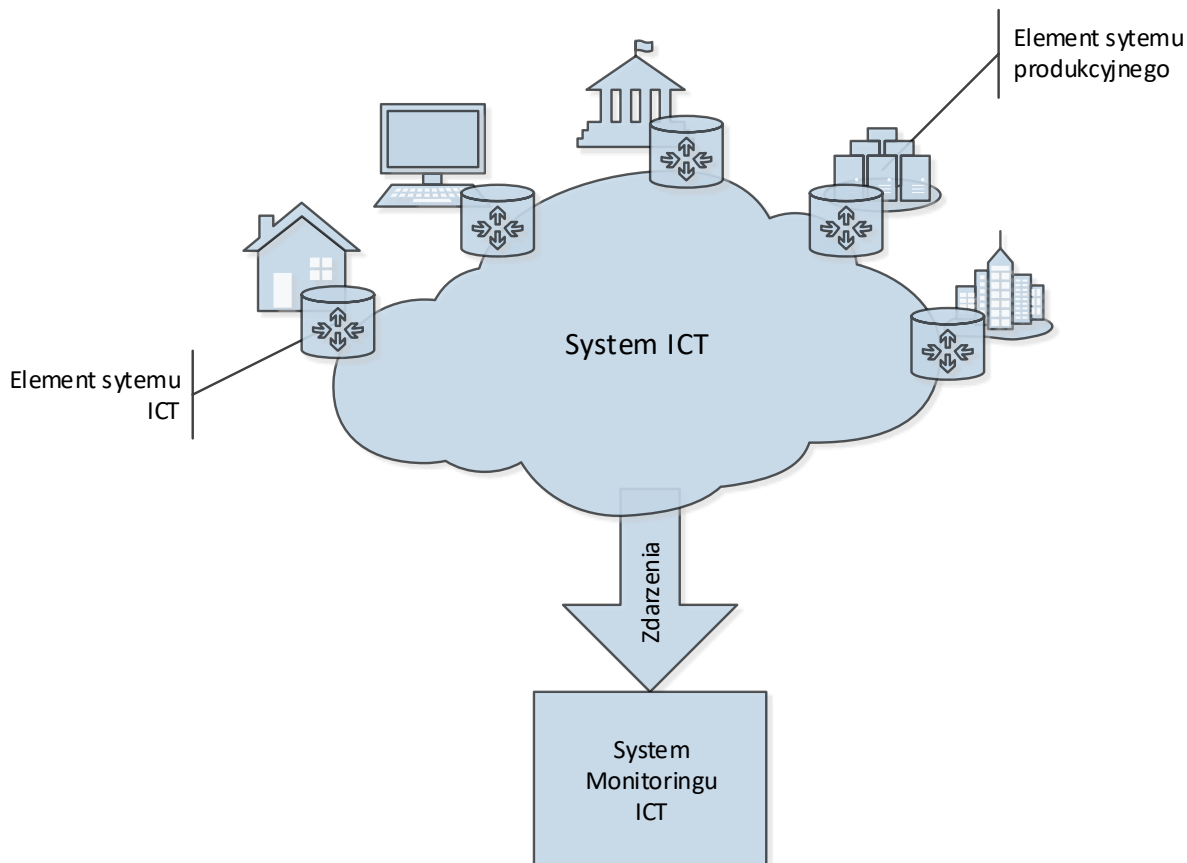
Przyjęto, że wykorzystanie sieci neuronowej musi być poprzedzone spełnieniem następujących warunków:

1. Dane wejściowe muszą pochodzić z systemów utrzymania ICT opartego na metodologii ITIL.
2. Dane wejściowe posiadają informacje o incydentach, które zostały zaklasyfikowane przez analityka do dalszej analizy w procesie zarządzania problemami. Informacje te zostaną wykorzystane do nauki sieci neuronowej oraz porównane z wskazaniami podejmowanymi przez sieć neuronową.
3. Dane wejściowe muszą zostać znormalizowane w celu wykorzystania ich w analizie incydentów i ich kwalifikowaniu jako problemu przez sieć neuronową.
4. Ocena prawidłowości działania sieci neuronowej będzie się opierać na wyliczeniu:
 - „liczby problemów oznaczonych przez analityków (A)” na podstawie danych historycznych dla danego miesiąca,
 - „liczby problemów oznaczonych przez sieć neuronową (B)” na podstawie analizy dokonanej przez sieć neuronową na danych historycznych dla danego miesiąca,
 - „% zgodności $C=(B/A)$ ”,
 - „błędu średniokwadratowego dla danego miesiąca (MSE)” na podstawie informacji podawanych przez pakiet Neuroph po zakończeniu analizy przez sieć neuronową dla danych historycznych danego miesiąca,
 - „średniej zgodności dla przykładu średnia(C)”: średnia arytmetyczna (C),
 - „średniej MSE średnia(MSE)”: średnia arytmetyczna (MSE),
 - czasu wykonania zadania: oszacowanie czasu wykonania analizy przez sieć neuronową metodą empiryczną.
5. Dane dla trzech przykładów powinny być z tego samego przedziału czasowego, aby wyeliminować wpływ sezonowości.

Przyjęto, że spełnienie wymienionych warunków jest możliwe przez odpowiedni wybór przykładów, spośród wszystkich udostępnionych przez firmę Cisco Systems. Przykłady te dotyczą systemów utrzymania systemów ICT firm o różnych profilach oraz wielkościach.

Wszystkie wybrane i analizowane przykłady składają się z (rys. 6.3):

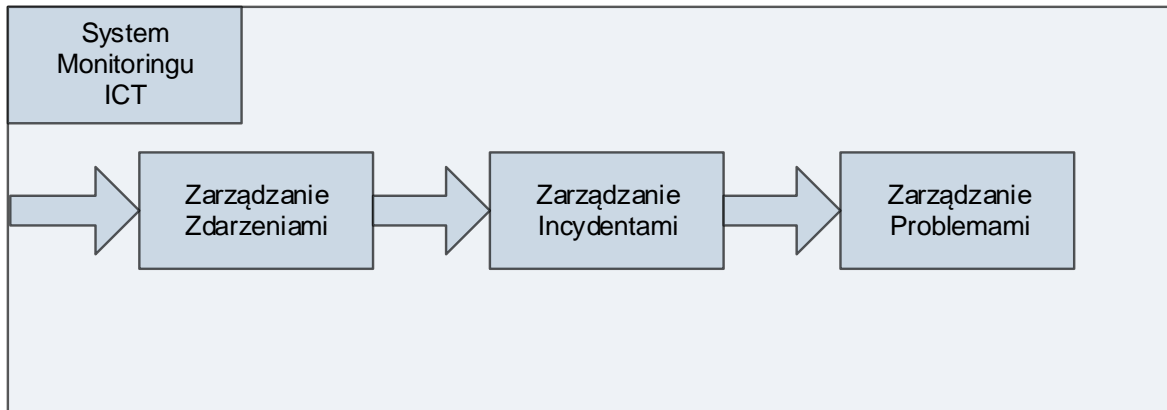
- elementów składowych systemu produkcyjnego,
- elementów składowych systemu ICT,
- systemu monitoringu ICT.



Rys. 6.3 Diagram przykładowego systemu produkcyjnego wraz z systemem ICT oraz monitoringu ICT

Opracowanie własne.

System monitoringu ICT zbiera zdarzenia z systemu ICT, które są analizowane i na ich podstawie tworzone są incydenty. Analiza incydentów wskazuje na obszary systemu ICT, które należy ulepszyć (rys. 6.4).



Rys. 6.4 System monitoringu ICT w przykładach

Opracowanie własne.

Każdy przykład był weryfikowany zgodnie z poniższą procedurą:

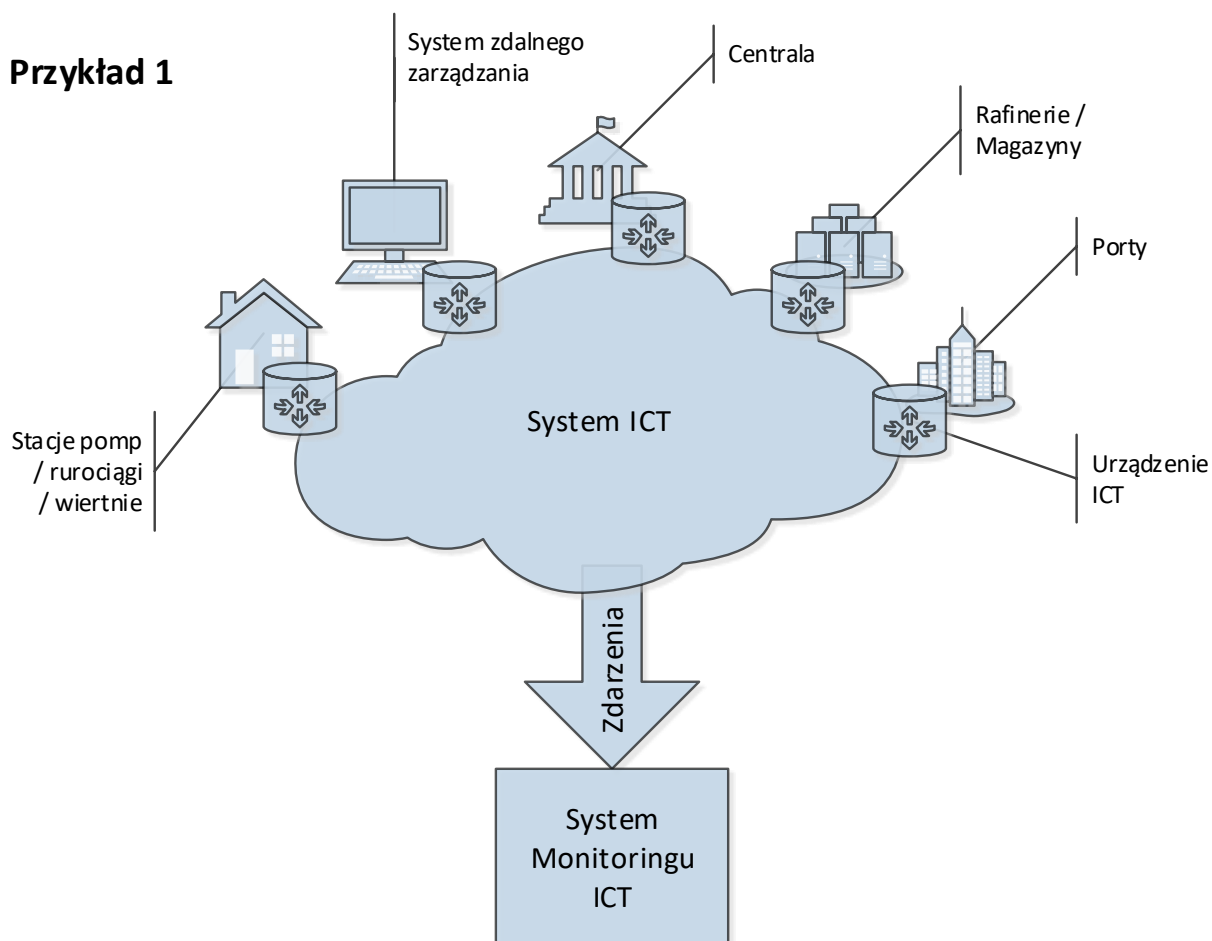
1. Uruchomienie sieci neuronowej:
 - uruchomienie optymalnej sieci neuronowej w pakiecie Neuroph,
 - załadowanie zbioru uczącego,
 - reset wag sieci neuronowej,
 - inicjalizacja wag sieci neuronowej przez nadanie im losowych wartości,
 - start i zakończenie procesu uczenia.
2. Normalizacja danych dla każdego miesiąca:
 - normalizacja danych dotyczących sygnałów istotnych.
3. Analiza danych z każdego miesiąca:
 - załadowanie do pakietu Neuroph danych dla sygnałów istotnych odpowiadających analizowanemu okresowi,
 - analiza danych wykonana przez optymalną sieć neuronową,
 - wyliczenie parametru zgodności przez porównanie ilościowe wskazań incydentów dokonanych przez sieć neuronową z wynikami wskazań dokonanych przez analityków,
 - wyliczenie parametru MSE,
 - oszacowanie czasu analizy wykonanej przez sieć neuronową.
4. Zakończenie weryfikacji polegające na wyliczeniu:
 - średniej zgodności dla danego przykładu,
 - średniej wartości parametru MSE.

3.2.1. Przykład 1

Przykład 1 dotyczy firmy, która jest międzynarodowym operatorem telekomunikacyjnym średniej wielkości działającym głównie na Bliskim Wschodzie. Firma dostarcza swoje usługi głównie na rynek firm z sektora państwowego związanych z wydobyciem ropy oraz produkcją paliw. Jej usługi, kierowane do sektora tych firm, opierają się na ofercie telekomunikacyjnej umożliwiającej łączenie zdalnych jednostek z centralą w szczególności na potrzeby zdalnego monitoringu, sterowania i zarządzania. Przykład 1 obejmuje współpracę firmy telekomunikacyjnej z firmą produkcyjną z branży wydobywczej, dla której świadczone są usługi w celu zapewnienia komunikacji pomiędzy zdalnymi lokalizacjami, takimi jak szyby naftowe, rurociągi i gazociągi, a centralą zdalnego monitoringu, sterowania i zarządzania. Usługa telekomunikacyjna została wdrożona w celu stworzenia możliwości komunikacji pomiędzy lokalizacjami zdalnymi, a centralą zdalnego monitoringu, sterowania i zarządzania w celu przesyłania komunikatów SCADA o parametrach zdalnych urządzeń jak i poleceń wykonawczych na potrzeby zdalnego sterowania. Wynikiem tego działania są zintegrowane systemy zarządzająco-monitorująco-sterujące usprawniające działanie przedsiębiorstwa, w szczególności zdalną komunikację pomiędzy odległymi lokalizacjami. Stabilność i dostępność rozwiązania telekomunikacyjnego została określona jako kluczowa dla powodzenia projektu w firmie produkcyjnej.

Przedstawiony przykład dotyczy utrzymania systemu ICT obejmującego ponad 3000 urządzeń, które wspierają połączenia w ramach systemu produkcyjnego przesyłającego dane pomiędzy lokalizacjami zdalnymi, a lokalizacjami monitorująco, sterująco, zarządzającymi (rys. 6.5).

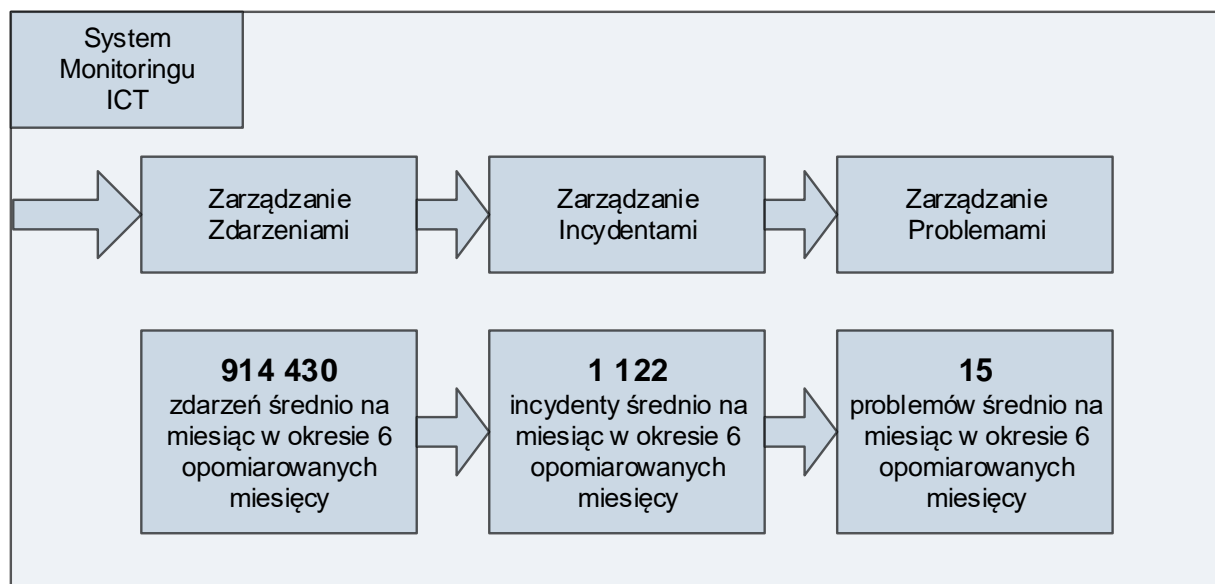
Przykład 1



Rys. 6.5 Diagram systemu produkcyjnego wraz z systemem ICT oraz monitoringu ICT – przykład 1

Opracowanie własne.

Dane z systemu utrzymania systemu ICT za okres od stycznia 2016 r. do czerwca 2016 r. zostały użyte do wskazania incydentów, które należy skierować do dalszej analizy w ramach procesu zarządzania problemami (rys. 6.6).



Rys. 6.6 Średnia miesięczna liczba zdarzeń, incydentów oraz problemów – przykład 1

Opracowanie własne.

Działanie sieci neuronowej zostało porównane z pracą analityków, pod względem czasu podejmowania decyzji oraz jej trafności.

W odniesieniu do czasu poświęconego na analizę incydentów dla ich zakwalifikowania jako problemów stwierdzono, że:

- analityk poświęcał na analizę po około 2 do 3 dni co dwa tygodnie. Wykonywanie analizy co dwa tygodnie było podyktowane warunkami kontraktu. Sumarycznie analityk poświęcał na analizę incydentów i wskazanie problemów około 4 do 6 dni miesięcznie,
- sieci neuronowej wykonanie analizy miesięcznej i wskazanie problemów zajęło 5 sekund.

Trafność podejmowania decyzji określa (tab. 6.6):

1. „Liczba problemów oznaczonych przez analityków (A)”:
 - przykład charakteryzuje się wysoką średnią miesięczną liczbą problemów zakwalifikowanych przez analityków, głównie ze względu na wysoką liczbę urządzeń ICT (ponad 3000), a co za tym idzie wysoką liczbę incydentów, która jest zwykle proporcjonalna do liczby urządzeń w rozwiązaniu ICT.
2. „Liczba problemów oznaczonych przez sieć neuronową (B)”:

- liczba problemów zakwalifikowanych przez sieć neuronową jest porównywalna co do rzędu wielkości z liczbą problemów oznaczonych przez analityków.
3. „% zgodności $C=(B/A)$ ”:
 - posiada małą zmienność zgodności wyników osiąganych przez sieć neuronową pomiędzy kolejnymi miesiącami w porównaniu z wynikami analityków.
 4. „Błąd średniokwadratowy dla danego miesiąca (MSE)”:
 - błąd średniokwadratowy w każdym z miesięcy nie odbiega w znacznym stopniu od błędu MSE sieci neuronowej osiągniętego w trakcie nauki na zbiorze uczącym, co wskazuje na poprawne działanie sieci neuronowej.
 5. „Średnia zgodności dla przykładu średnia(C)”:
 - średnia arytmetyczna dla zgodności na poziomie 85% pokazuje, że w danym przypadku sieć neuronowa może stanowić użyteczne narzędzie wspomagające pracę analityka.
 6. „Średnia MSE średnia(MSE)”:
 - Średnia arytmetyczna błędów średniokwadratowych z wszystkich miesięcy nie odbiega w znacznym stopniu od błędu sieci neuronowej osiągniętego w trakcie nauki na zbiorze uczącym, co wskazuje na poprawne działanie sieci neuronowej.

Tab. 6.6 Wyniki wykorzystania sieci neuronowej – przykład 1

	Przykład 1					
	Styczeń	Luty	Marzec	Kwiecień	Maj	Czerwiec
Liczba problemów oznaczonych przez analityków (A)	16	13	21	18	10	13
Liczba problemów oznaczonych przez sieć neuronową (B)	14	11	18	15	9	10
% zgodności $C=(B/A)$	88%	85%	86%	83%	90%	77%
Błąd Średniokwadratowy dla danego miesiąca (MSE)	0.00140	0.001902	0.002758	0.002721	0.001048	0.003525
Średnia zgodności dla przykładu średnia(C)	85%					
Średnia MSE średnia(MSE)	0.002226031					

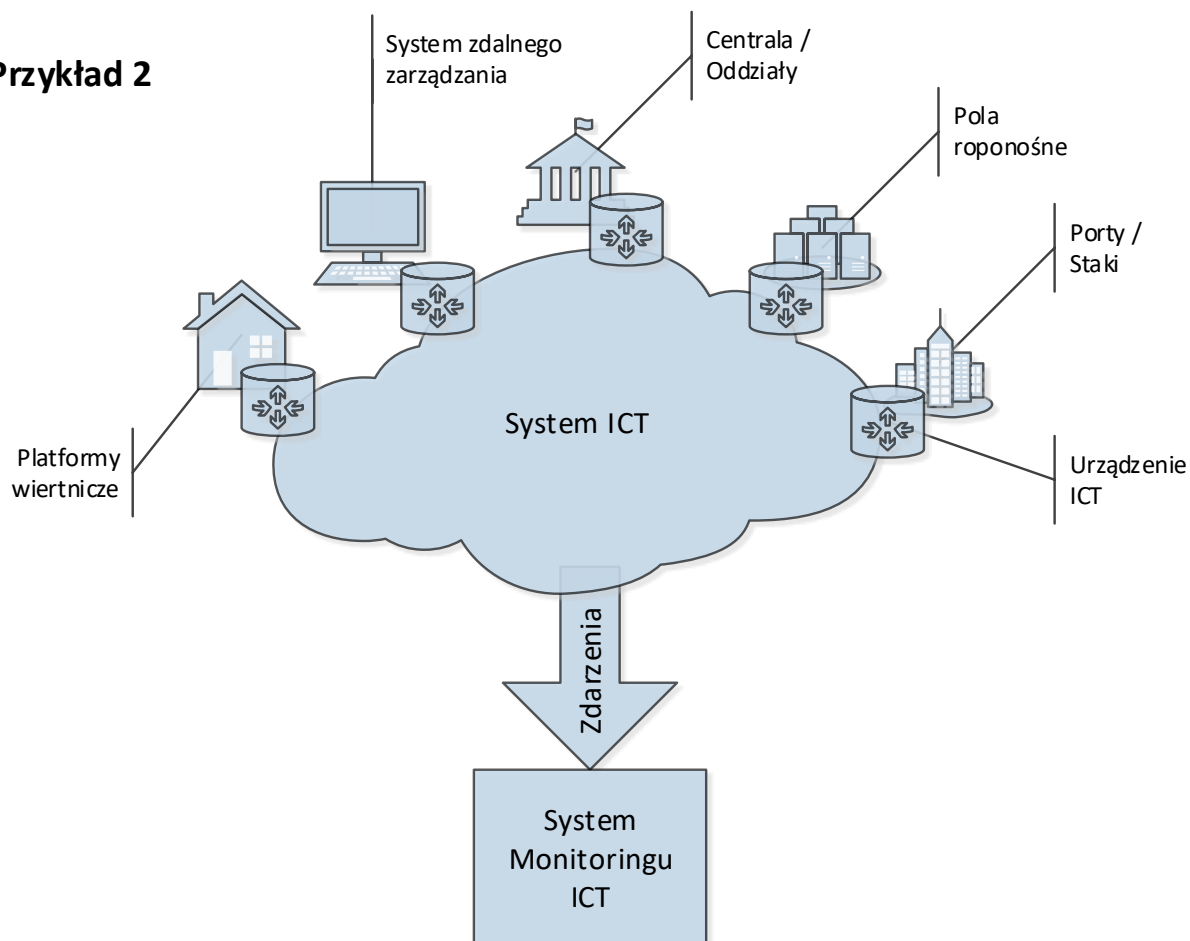
Opracowanie własne.

3.2.2. Przykład 2

Przykład 2 dotyczy firmy, która jest globalnym operatorem telekomunikacyjnym średniej wielkości. Firma dostarcza swoje usługi na rynek dla odbiorców głównie z sektora paliwowego oraz transportu morskiego. Jej usługi, kierowane do firm z tych sektorów, opierają się na ofercie telekomunikacyjnej umożliwiającej łączenie zdalnych jednostek z centralą w szczególności na potrzeby zdalnego monitoringu i zarządzania. Przykład obejmuje współpracę firmy telekomunikacyjnej z firmą produkcyjną z branży paliwowej, dla której świadczone są usługi w celu zapewnienia komunikacji pomiędzy zdalnymi lokalizacjami, takimi jak platformy wiertnicze, pola wydobywcze oraz rurociągi, a centrami zdalnego monitoringu i sterowania. Usługa telekomunikacyjna została wdrożona w celu stworzenia możliwości komunikacji pomiędzy lokalizacjami zdalnymi, a centrami zdalnego monitoringu oraz zarządzania w celu umożliwienia i usprawnienia przesyłania danych, a przez to zintegrowania zarządzania zasobami firmy. Wynikiem tego działania są pewne oszczędności w zapasach w produkcji oraz zwiększenie elastyczności i szybkości komunikacji pomiędzy różnymi lokalizacjami na świecie związanymi pomiędzy sobą łańcuchem dostaw w produkcji. Stabilność i dostępność rozwiązania telekomunikacyjnego została określona jako krytyczna dla powodzenia projektu w firmie produkcyjnej.

Przedstawiony przykład dotyczy utrzymania systemu ICT obejmującego ponad 1000 urządzeń, które wspierają połączenia w ramach systemu produkcyjnego przesyłającego dane pomiędzy lokalizacjami zdalnymi, a lokalizacjami monitorującymi zarządzającymi (rys. 6.7).

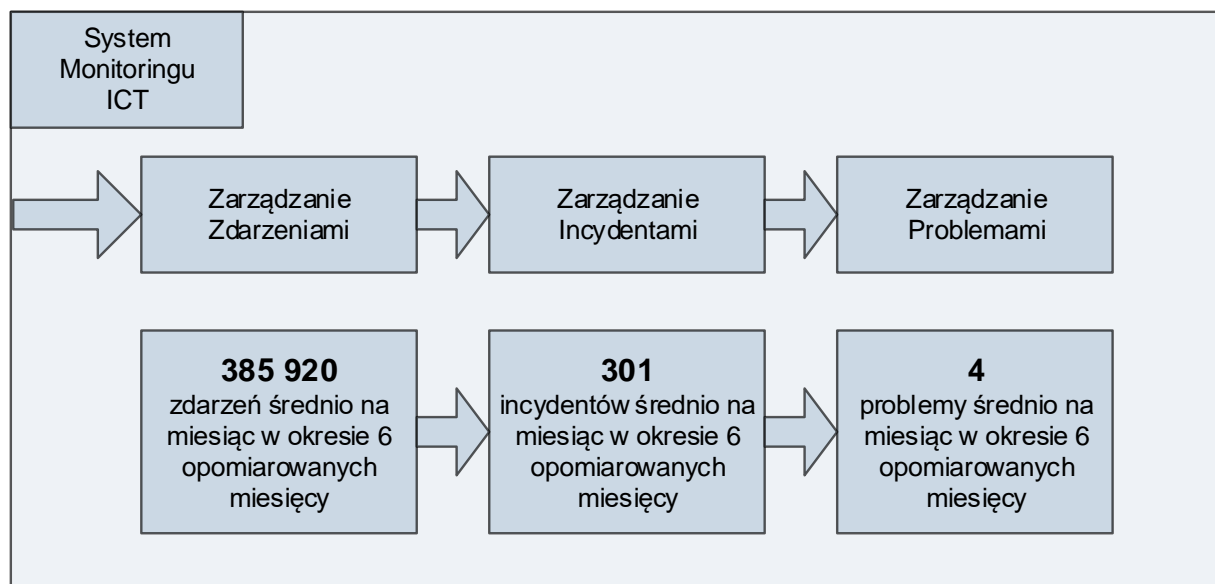
Przykład 2



Rys. 6.7 Diagram systemu produkcyjnego wraz z systemem ICT oraz monitoringu ICT – przykład 2

Opracowanie własne.

Dane z systemu utrzymania systemu ICT za okres od stycznia 2016 r. do czerwca 2016 r. zostały użyte do wskazania incydentów, które należy skierować do dalszej analizy w ramach procesu zarządzania problemami (rys. 6.8).



Rys. 6.8 Średnia miesięczna liczba zdarzeń, incydentów oraz problemów – przykład 2

Opracowanie własne.

Działanie sieci neuronowej zostało porównane z pracą analityków, pod względem czasu podejmowania decyzji oraz jej trafności.

W odniesieniu do czasu poświęconego na analizę incydentów dla ich zakwalifikowania jako problemów stwierdzono, że:

- analityk poświęcał na analizę po około 1 dzień w każdym tygodniu. Cotygodniowa analiza była podyktowana warunkami kontraktu. Sumarycznie analityk poświęcał na analizę incydentów i wskazanie problemów około 4 dni miesięcznie,
- sieci neuronowej wykonanie analizy miesięcznej zajęło 3 sekundy.

Trafność podejmowania decyzji określa (tab. 6.7):

1. „Liczba problemów oznaczonych przez analityków (A)”:
 - przykład charakteryzuje się niską liczbą problemów wskazanych przez analityków, głównie ze względu na wysoką stabilność rozwiązania ICT oraz średnią liczbę urządzeń ICT (ponad 1000), a co za tym idzie niską liczbę incydentów, która jest zwykle proporcjonalna do liczby urządzeń w rozwiązaniu ICT oraz jego stabilności.
2. „Liczba problemów oznaczonych przez sieć neuronową (B)”:

- liczba problemów zakwalifikowanych przez sieć neuronową jest zbliżona co do wielkości z liczbą problemów oznaczonych przez analityków.
3. „% zgodności $C=(B/A)$ ”:
 - posiada dużą zmienność zgodności wyników osiąganych przez sieć neuronową pomiędzy kolejnymi miesiącami w porównaniu z wynikami analityków.
 4. „Błąd średniokwadratowy dla danego miesiąca (MSE)”:
 - błąd średniokwadratowy w każdym z miesięcy nie odbiega w znacznym stopniu od błędu MSE sieci neuronowej osiągniętego w trakcie nauki na zbiorze uczącym, co wskazuje na poprawne rozpoznawanie wzorców danych.
 5. „Średnia zgodności dla przykładu średnia(C)”:
 - średnia arytmetyczna dla zgodności na poziomie 51% pokazuje, że w danym przypadku sieć neuronowa może stanowić źródło dodatkowych danych dla analityka.
 6. „Średnia MSE średnia(MSE)”:
 - Średnia arytmetyczna błędów średniokwadratowych z wszystkich miesięcy nie odbiega w znacznym stopniu od błędu sieci neuronowej osiągniętego w trakcie nauki na zbiorze uczącym, co wskazuje na poprawne rozpoznawanie wzorców danych.

Tab. 6.7 Wyniki wykorzystania sieci neuronowej – przykład 2

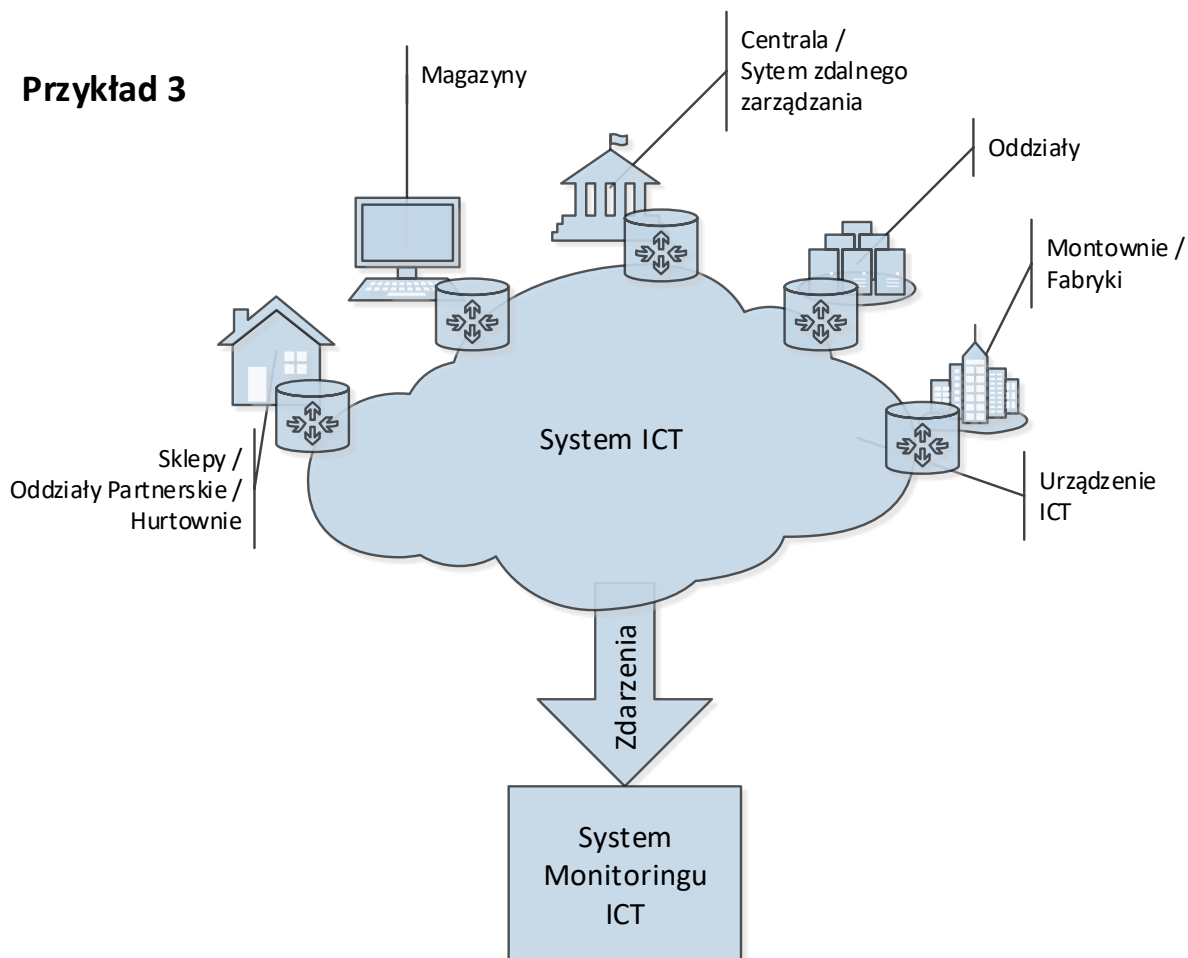
	Przykład 2					
	Styczeń	Luty	Marzec	Kwiecień	Maj	Czerwiec
Liczba problemów oznaczonych przez analityków (A)	3	3	6	3	2	5
Liczba problemów oznaczonych przez sieć neuronową (B)	3	2	4	1	0	2
% zgodności $C=(B/A)$	100%	67%	67%	33%	0%	40%
Błąd Średniokwadratowy dla danego miesiąca (MSE)	1.09E-07	0.002161	0.00482	0.00432	0.004132	0.006607
Średnia zgodności dla przykładu średnia(C)	51%					
Średnia MSE średnia(MSE)	0.003673164					

Opracowanie własne.

3.2.3. Przykład 3

Przykład 3 dotyczy firmy, która jest operatorem telekomunikacyjnym średniej wielkości w skali Europy. Firma oferuje swoje usługi na rynek lokalny w kilku krajach. Jej usługi, kierowane do sektora firm, opierają się głównie na ofercie telekomunikacyjnej umożliwiającej łączenie zdalnych oddziałów pomiędzy sobą, a także centrali z oddziałami. Przykład obejmuje współpracę firmy telekomunikacyjnej z firmą produkcyjną z branży oświetleniowej, dla której świadczone są usługi w celu zapewnienia komunikacji pomiędzy sześcioma krajami, w ramach których łączone jest ponad 140 zdalnych lokalizacji. Usługa telekomunikacyjna została wdrożona w celu zmodernizowania, w ramach systemu produkcyjnego, usług logistycznych oraz połączenia logistyki z procesami wytwórczymi firmy. Modernizacja ta umożliwiła składanie zamówień telefonicznych lub przez stronę WWW z gwarancją dostarczenia produktów w ciągu 24 godzin na obszarze sześciu krajów. System obecnie obsługuje zamówienia od klientów kierowane bezpośrednio do produkcji o wartości dziennej sięgającej do 250 000 €. Stabilność i dostępność rozwiązania telekomunikacyjnego została określona jako krytyczna dla powodzenia projektu w firmie produkcyjnej.

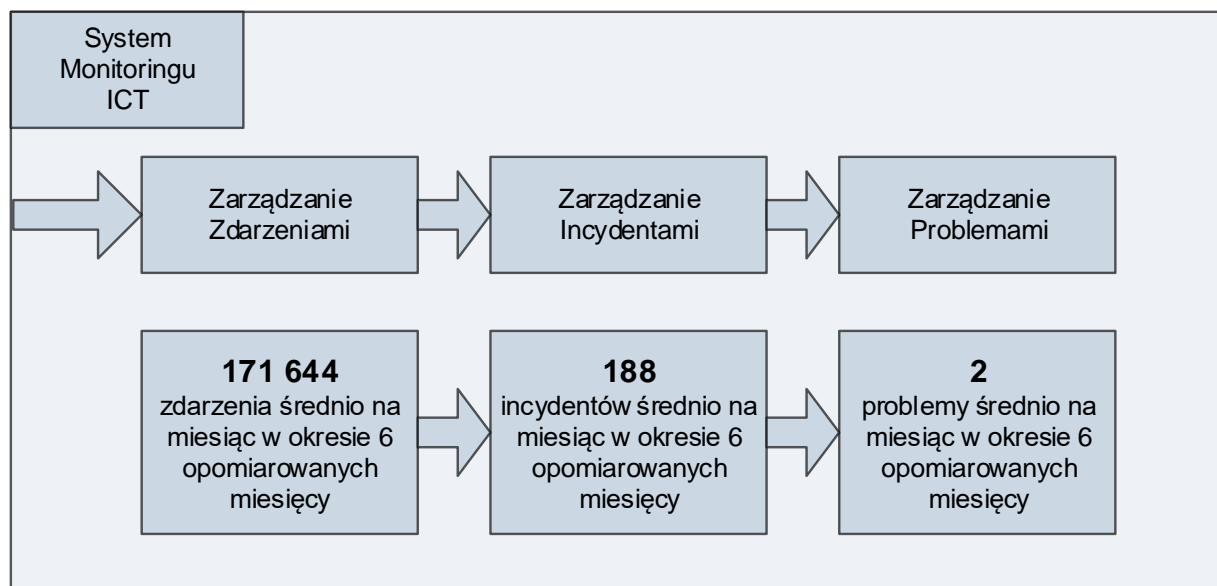
Przedstawiony przykład dotyczy utrzymania systemu ICT obejmującego około 200 urządzeń, które wspierają połączenia w ramach systemu produkcyjnego przesyłającego dane pomiędzy lokalizacjami zdalnymi, a lokalizacjami produkcyjnymi (rys. 6.9).



Rys. 6.9 Diagram systemu produkcyjnego wraz z systemem ICT oraz monitoringu ICT – przykład 3

Opracowanie własne.

Dane z systemu utrzymania systemu ICT za okres od stycznia 2016 r. do czerwca 2016 r. zostały użyte do wskazania incydentów, które należy skierować do dalszej analizy w ramach procesu zarządzania problemami (rys. 6.10).



Rys. 6.10 Średnia miesięczna liczba zdarzeń, incydentów oraz problemów – przykład 3

Opracowanie własne.

Działanie sieci neuronowej zostało porównane z pracą analityków, pod względem czasu podejmowania decyzji oraz jej trafności.

W odniesieniu do czasu poświęconego na analizę incydentów dla ich zakwalifikowania jako problemów stwierdzono, że:

- analityk poświęcał na wykonanie zadania po około 1 do 2 dni miesięcznie. Comiesięczna analiza była podyktowana warunkami kontraktu,
- sieci neuronowej wykonanie analizy miesięcznej zajęło 2 sekundy.

Trafność podejmowania decyzji określa (tab. 6.8):

1. „Liczba problemów oznaczonych przez analityków (A)”:
 - przykład charakteryzuje się małą liczbą problemów zakwalifikowanych przez analityków, głównie ze względu na małą liczbę urządzeń ICT (około 200), a co za tym idzie małą liczbę incydentów, która jest zwykle proporcjonalna do liczby urządzeń w rozwiązaniu ICT.
2. „Liczba problemów oznaczonych przez sieć neuronową (B)”:
 - liczba problemów zakwalifikowanych przez sieć neuronową jest niska ze względu na niską liczbę incydentów.
3. „% zgodności $C=(B/A)$ ”:

- kwiecień 2016: w tym miesiącu eksperci nie zaklasyfikowali ani jednego incydentu jako problemu, sieć neuronowa osiągnęła identyczne wyniki, co daje 100% zgodności,
 - posiada dużą zmienność zgodności wyników osiąganych przez sieć neuronową pomiędzy kolejnymi miesiącami w porównaniu z wynikami analityków.
4. „Błąd średniokwadratowy dla danego miesiąca (MSE)”:
- błąd średniokwadratowy w każdym z miesięcy nie odbiega w znacznym stopniu od błędu MSE sieci neuronowej osiągniętego w trakcie nauki na zbiorze uczącym co wskazuje na poprawne rozpoznawanie wzorców danych.
5. „Średnia zgodności dla przykładu średnia(C)”:
- średnia arytmetyczna dla zgodności na poziomie 41% pokazuje, że w danym przypadku sieć neuronowa może stanowić źródło dodatkowych danych dla analityka, jednakże o niskiej użyteczności.
6. „Średnia MSE średnia(MSE)”:
- Średnia arytmetyczna błędów średniokwadratowych z wszystkich miesięcy nie odbiega w znacznym stopniu od błędu sieci neuronowej osiągniętego w trakcie nauki na zbiorze uczącym co wskazuje na poprawne rozpoznawanie wzorców danych.

Tab. 6.8 Wyniki wykorzystania sieci neuronowej – przykład 3

	Przykład 3					
	Styczeń	Luty	Marzec	Kwiecień	Maj	Czerwiec
Liczba problemów oznaczonych przez analityków (A)	2	1	1	0	2	4
Liczba problemów oznaczonych przez sieć neuronową (B)	0	0	1	0	1	0
% zgodności $C=(B/A)$	0%	0%	100%	100%	50%	0%
Błąd Średniokwadratowy dla danego miesiąca (MSE)	0.011581	0.004677	2.21E-06	1.89E-06	0.004813	0.017707
Średnia zgodności dla przykładu średnia(C)	41%					
Średnia MSE średnia(MSE)	0.006463709					

Opracowanie własne.

6.3 Analiza wyników zastosowania metody sztucznej inteligencji oraz opracowanie rekomendacji dla jej wykorzystywania w praktyce

Na podstawie przedstawionych trzech przykładów można stwierdzić, że wykorzystanie zbudowanej sieci neuronowej w praktyce utrzymania systemów ICT umożliwi szybsze podejmowanie decyzji o ulepszaniu tych systemów. Czas pracy sieci neuronowej dla podjęcia decyzji jest zdecydowanie krótszy od czasu pracy analityków systemów ICT (tab. 6.9).

Tab. 6.9 Miesięczne czasy pracy analityków i sieci neuronowej dla podjęcia decyzji o ulepszaniu systemów ICT

	Przykład		
	1	2	3
Czas pracy analityków (X)	4-6 dni	4 dni	1-2 dni
Czas pracy sieci neuronowej (Y)	5 sekund	3 sekundy	2 sekundy

Opracowanie własne.

Uzyskane wyniki pozwalają na stwierdzenie, że wykorzystanie sieci neuronowej, jako wybranej metody sztucznej inteligencji, umożliwi analizę incydentów i podejmowanie decyzji o ich zakwalifikowaniu jako problemy w czasie rzeczywistym, co wyróżnia pozytywnie sieć neuronową na tle pracy analityków, która jest okresowa (tygodniowa lub miesięczna).

W odniesieniu do trafności podejmowanych decyzji, syntetyczne zebranie uzyskanych wyników (tab. 6.10) pozwala na wskazanie następujących prawidłowości:

1. Istnieje duża zmienność zgodności wyników osiągniętych przez sieć neuronową w porównaniu do wyników osiągniętych przez analityków w poszczególnych miesiącach, definiowana jako % zgodności w poszczególnych miesiącach.
2. W każdym z przykładów liczba incydentów wskazanych przez sieć neuronową jest mniejsza od liczby incydentów wybranych przez analityków.
3. Istnieje duża zmienność zgodności pomiędzy przykładami, mierzona jako różnica średniego % zgodności.
4. Średni błąd średniokwadratowy MSE jest porównywalny dla wszystkich przykładów oraz zgodny z błędem MSE sieci neuronowej w trakcie jej uczenia.

Tab. 6.10 Trafność podejmowania decyzji o ulepszaniu systemów ICT przez sieć neuronową

	Przykład		
	1	2	3
Średni % zgodności średnia(C)	85%	51%	41%
Średni błąd Średniokwadratowy – MSE	0.002226031	0.003673164	0.006463709

Opracowanie własne.

Wpływ pojedynczego błędu na końcowy wynik osiągany przez sieć neuronową w poszczególnych przykładach jest zależny od ogólnej liczby problemów w danym miesiącu. Poziom błędów MSE dla modelu sieci neuronowej w poszczególnych przypadkach jest porównywalny. Sugeruje to, że taki błąd został spowodowany czynnikami, które nie zostały uwzględnione w modelu zbudowanej sieci neuronowej.

Po przeprowadzeniu dodatkowych rozmów z analitykami okazało się, że w trzech przykładach, na których była weryfikowana praca sieci neuronowej, na podjęcie decyzji o zakwalifikowaniu incydentu jako problemu nakładały się dodatkowe czynniki. W szczególności analitycy wskazali na:

- interwencję klienta: klient zmieniał na bieżąco reguły selekcji incydentów do dalszej analizy ze względów, które nie były wcześniej uwzględnione w procesie utrzymania systemów ICT, a zatem w zbudowanej sieci neuronowej,
- interwencję wewnętrzną: inne zespoły Cisco Systems, które uczestniczą w pracy z poszczególnymi klientami wpłynęły na decyzję o zakwalifikowaniu wybranych incydentów jako problemy do dalszej analizy,
- czynnik biznesowy: nieskodyfikowany czynnik (np. lokalizacja VIP), który musiał być obsłużony z wyższą pilnością niż wynikałoby to z standardowej procedury,
- reputacja klienta: nieskodyfikowany czynnik – chwilowy wymóg ze strony działu PR klienta.

Wynika stąd, że im większa podatność firmy na uwzględnianie nieskodyfikowanych czynników tym niższa zgodność wyników pracy sieci neuronowej oraz analityków.

Na podstawie wskazań analityków zweryfikowano otrzymane wyniki dotyczące analizowanych przykładów. Okazało się, że średnia liczba nieskodyfikowanych czynników w miesiącu wynosi 1, natomiast w poszczególnych miesiącach może osiągać wartości od 0 do 2. W tablicach 6.11, 6.12, 6.13 przedstawiono dane odpowiednio dla przykładów 1, 2, 3, zweryfikowane o nieskodyfikowane czynniki.

Tab. 6.11 Wyniki wykorzystania sieci neuronowej – zweryfikowany przykład 1

	Przykład 1					
	Styczeń	Luty	Marzec	Kwiecień	Maj	Czerwiec
Liczba problemów oznaczonych przez analityków (A)	15	12	20	17	9	12
Liczba problemów oznaczonych przez sieć neuronową (B)	14	11	18	15	9	10
% zgodności $C=(B/A)$	93,33%	91,67%	90,00%	88,24%	100,00%	83,33%
Błąd Średniokwadratowy dla danego miesiąca (MSE)	0.001402	0.001902	0.002758	0.002721	0.001048	0.003525
Średnia zgodności dla przykładu średnia(C)	91,1%					
Średnia MSE średnia(MSE)	0.002226031					

Opracowanie własne.

Tab. 6.12 Wyniki wykorzystania sieci neuronowej – zweryfikowany przykład 2

	Przykład 2					
	Styczeń	Luty	Marzec	Kwiecień	Maj	Czerwiec
Liczba problemów oznaczonych przez analityków (A)	3	2	5	2	0	4
Liczba problemów oznaczonych przez sieć neuronową (B)	3	2	4	1	0	2
% zgodności $C=(B/A)$	100,00%	100,00%	80,00%	50,00%	100,00%	50,00%
Błąd Średniokwadratowy dla danego miesiąca (MSE)	1.09E-07	0.002161	0.00482	0.00432	0.004132	0.006607
Średnia zgodności dla przykładu średnia(C)	80,0%					
Średnia MSE średnia(MSE)	0.003673164					

Opracowanie własne.

Tab. 6.13 Wyniki wykorzystania sieci neuronowej – zweryfikowany przykład 3

	Przykład 3					
	Styczeń	Luty	Marzec	Kwiecień	Maj	Czerwiec
Liczba problemów oznaczonych przez analityków (A)	0	0	1	0	1	2
Liczba problemów oznaczonych przez sieć neuronową (B)	0	0	1	0	1	0
% zgodności $C=(B/A)$	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	0,00%
Błąd Średniokwadratowy dla danego miesiąca (MSE)	0.011581	0.004677	2.21E-06	1.89E-06	0.004813	0.017707
Średnia zgodności dla przykładu średnia(C)	83,3%					
Średnia MSE średnia(MSE)	0.006463709					

Opracowanie własne.

Uwzględnienie zweryfikowanych wyników dotyczących trzech rozpatrywanych przykładów, w odniesieniu do trafności podejmowanych decyzji, pozwala na wskazanie następujących prawidłowości (tab. 6.14):

1. Poziom zgodności wyników osiągniętych przez sieć neuronową w porównaniu do wyników osiągniętych przez analityków w poszczególnych miesiącach, definiowana jako % zgodności w poszczególnych miesiącach, należy uznać jako znaczący.
2. W każdym z przykładów liczba incydentów wskazanych przez sieć neuronową jest nieznacznie mniejsza lub równa liczbie incydentów wybranych przez analityków.
3. Znacząco zmniejszyła się zmienność zgodności pomiędzy przykładami, mierzona jako różnica średniego % zgodności.
4. Średni błąd średniokwadratowy MSE jest porównywalny dla wszystkich przykładów oraz zgodny z błędem MSE sieci neuronowej w trakcie jej uczenia.

Tab. 6.14 Trafność podejmowania decyzji o ulepszaniu systemów ICT przez sieć neuronową

	Przykład		
	1	2	3
Średni % zgodności średnia(C)	91,1%	80,0%	83,3%
Średni błąd Średniokwadratowy – MSE	0.002226031	0.003673164	0.006463709

Opracowanie własne.

Uzyskane wyniki porównania czasu i trafności podejmowania decyzji przez sieć neuronową oraz analityków pozwalają na sformułowanie następujących rekomendacji w zakresie wykorzystania zbudowanej sieci neuronowej:

1. Sieć neuronową można wykorzystać jako metodę sztucznej inteligencji, do wspierania pracy analityków, gdyż daje im ona podstawę do szybszego podjęcia trafnych decyzji o ulepszaniu systemów ICT. Wykorzystanie sieci pozwoli na zwiększenie efektywności analityków, dzięki zwiększeniu liczby analizowanych incydentów w danym okresie czasu, a przez to na skrócenie cyklu decyzyjnego, co wpłynie na poprawę dostępności systemów ICT.
2. Wykorzystanie sieci neuronowej przyniesie wiele innych korzyści w aspekcie utrzymania systemów ICT, do których należą:
 - ujednoczenie standardów utrzymania systemów ICT, dla zapewnienia ich większej dostępności (wdrożenie sieci neuronowej wymusi stosowanie tych samych kryteriów decyzyjnych w zakresie kwalifikacji incydentów do procesu zarządzania problemami),
 - ujednoczenie zarządzania problemami w różnych lokalizacjach, przedsiębiorstwa, szczególnie gdy znajdują się w różnych krajach i komunikacja bezpośrednia jest utrudniona,
 - ujednoczenie dostarczania tego typu usług dla różnych klientów oraz branż, co powoduje większe dostosowanie ich do najlepszych praktyk w kwestii wyboru incydentów do procesu zarządzania problemami.
3. Ze względu na występowanie w praktyce dodatkowych czynników, których wystąpienia nie można przewidzieć – a zatem wprowadzić do sieci neuronowej, nie jest możliwe całkowite zastąpienie pracy analityków i automatyczne podejmowanie decyzji o ulepszaniu systemów ICT przez sieć neuronową.
4. Weryfikacja zbudowanej sieci neuronowej na wybranych trzech przykładach pozwala na stwierdzenie, że każdorazowo sieć tę należy wstępnie przetestować na danych z okresu kilku miesięcy, a następnie porównać z oczekiwaniami klientów.
5. Dla zwiększania skuteczności wykorzystania zbudowanej sieci neuronowej w systemach utrzymania ICT, po jej wdrożeniu ważne znaczenie ma systematyczne poszukiwanie rozwiązań, które będą poprawiały warunki jej stosowania. Przykładem

poprawy jest okresowe przeprowadzanie pomiarów wyników osiągniętych przez sieć w stosunku do wyników osiągniętych przez analityków oraz weryfikacja zgromadzonej wiedzy eksperckiej na podstawie której pracuje sieć.

6. Zbudowaną sieć neuronową można zmodyfikować – w zależności od specyficznych potrzeb przedsiębiorstwa. Wymaga to jednak przeprowadzenia badań, których istotę opisano w rozdz. 4, 5 i 6.

Podsumowanie

Współczesny rynek stawia wysokie wymagania przedsiębiorstwom produkcyjnym. Aby sprostać konkurencji i rozwijać się w przyszłości przedsiębiorstwa te muszą podejmować działania dla zwiększenia niezawodności swoich systemów produkcyjnych. Niezawodność systemów produkcyjnych w coraz większej mierze zależy od dostępności nadzorujących je systemów ICT.

Przeprowadzone w ramach niniejszej pracy badania były ukierunkowane na poprawę dostępności systemów ICT, przez określenie możliwości dalszej automatyzacji procesów ich utrzymania. W wyniku przeprowadzonych badań wstępnych stwierdzono, że warto rozważyć możliwość dalszej automatyzacji przez wykorzystanie metod sztucznej inteligencji do wspomagania podejmowania decyzji o ulepszaniu systemów ICT. W szczególności, głównym celem pracy było przeprowadzenie badań w zakresie możliwości wykorzystania sztucznej inteligencji i jej implementacji do wspierania podejmowania decyzji o ulepszaniu systemów ICT.

Dla osiągnięcia celu głównego dociekania naukowe, których wyniki przedstawiono w pracy, dotyczyły dwóch następujących zagadnień badawczych:

- 1) Określenia metody sztucznej inteligencji, którą można wykorzystać w utrzymaniu systemów ICT do wspierania podejmowania decyzji o ich ulepszaniu w ramach procesu zarządzania problemami.
- 2) Adaptacji określonej metody sztucznej inteligencji dla jej wykorzystania do wspierania podejmowania decyzji o ulepszaniu systemów ICT w ramach procesu zarządzania problemami.

Rozważania w zakresie 1) zagadnienia stanowiły I etap procesu badawczego. Przeprowadzono w nim analizę procesu zarządzania incydentami w systemach ICT dla wyboru metody sztucznej inteligencji, którą można wykorzystać do wspierania podejmowania decyzji o ulepszaniu systemów ICT w procesie zarządzania problemami. W wyniku tej analizy stwierdzono, że większość sygnałów, które są dostępne z procesu zarządzania incydentami ma wartości kwantyfikowalne. Implikuje to wykorzystanie do ich analizy metod sztucznej inteligencji opierających się na sygnałach kwantyfikowalnych. Metoda sztucznej inteligencji musi również posiadać właściwość generalizacji, gdyż opiera swoje decyzje na danych z poza zbioru uczącego. Dodatkowo musi umieć podejmować decyzje na podstawie danych niepełnych, gdyż nie wszystkie sygnały dostępne w procesie zarządzania incydentami są

kwantyfikowalne lub brane pod uwagę przez analityków. Z tego względu jako metodę sztucznej inteligencji, którą można wykorzystać do wspierania podejmowania decyzji o ulepszaniu systemów ICT, wybrano sieci neuronowe. Metodę tę scharakteryzowano, co stanowiło podstawę do dalszych badań. Wyniki badań uzyskane w ramach 1) zagadnienia pozwalają na stwierdzenie, że został osiągnięty 1. cel częściowy pracy.

W zakresie 2) zagadnienia przeprowadzono badania i rozważania, które przebiegały w trzech kolejnych etapach procesu badawczego.

II etap obejmował badania z udziałem ekspertów, ukierunkowane na określenie istotności oraz przydatności sygnałów z procesu zarządzania incydentami w aspekcie możliwości ich wykorzystania do wspierania podejmowania decyzji o ulepszaniu systemów ICT z wykorzystaniem sieci neuronowych. W wyniku tych badań zidentyfikowano 8 istotnych sygnałów, które zdaniem ekspertów mają największy wpływ na podjęcie decyzji o zakwalifikowaniu incydentów do dalszej analizy w ramach procesu zarządzania problemami, a więc decyzji o ulepszaniu systemów ICT. Przeprowadzona analiza przydatności tych sygnałów w aspekcie wykorzystania w sieciach neuronowych pozwoliła na wyróżnienie 4 z nich, do których należą: impact, urgency, TTR OK, TTN OK. Wyniki badań uzyskane w ramach II etapu pozwalają na stwierdzenie, że został osiągnięty 2. cel częściowy pracy.

III etap obejmował badania z udziałem ekspertów, ukierunkowane na zgromadzenie wiedzy eksperckiej w zakresie 4 wyróżnionych sygnałów decydujących o ulepszaniu systemów ICT. Wyniki tych badań pozwoliły na stwierdzenie, że w obszarze 4 wyróżnionych sygnałów istnieje wiedza ekspercka, którą można skonsolidować i zapisać w formie zrozumiałej dla sieci neuronowych. Oznacza to, że został osiągnięty 3. cel częściowy pracy.

IV etap był ukierunkowany na implementację metody sieci neuronowych do procesu podejmowania decyzji o ulepszaniu systemów ICT. W pierwszej kolejności zbudowano sieć neuronową, co wymagało:

- opracowania zbioru uczącego sieć neuronową na podstawie zgromadzonej wiedzy eksperckiej oraz normalizacji danych w celu przystosowania ich do wymagań przetwarzania przez sieci neuronowe,
- wyboru optymalnej konfiguracji sieci neuronowej na podstawie porównywania wielkości parametrów MSE różnych sieci neuronowych w procesie ich uczenia.

Następnie sieć tę zastosowano w praktyce, na trzech przykładach udostępnionych przez Cisco Systems, które dotyczą systemów utrzymania systemów ICT firm o różnych profilach działalności oraz wielkościach. Celem wykorzystania zbudowanej sieci neuronowej w praktyce było zweryfikowanie prawidłowości jej działania w kontekście czasu oraz trafności podejmowania decyzji o ulepszaniu systemów ICT. Uzyskane wyniki zostały odniesione do czasu i trafności podejmowania tych decyzji przez analityków – ekspertów firmy Cisco Systems.

Analiza porównawcza uzyskanych wyników pozwala na stwierdzenie, że sieć neuronową można wykorzystać do wspierania pracy analityków, gdyż daje im ona podstawę do szybszego podjęcia trafnych decyzji o ulepszaniu systemów ICT. Należy jednak podkreślić, że ze względu na występowanie w praktyce pozostałych sygnałów nie uwzględnionych w sieci, a także dodatkowych czynników, których wystąpienia nie można przewidzieć – a zatem wprowadzić do sieci neuronowej, nie jest możliwe całkowite zastąpienie pracy analityków i automatyczne podejmowanie decyzji o ulepszaniu systemów ICT przez sieć neuronową.

Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono również, że wykorzystanie sieci neuronowej może przynieść wiele innych korzyści w aspekcie utrzymania systemów ICT, do których należy ujednoczenie:

- standardów utrzymania systemów ICT, dla zapewnienia ich większej dostępności (wdrożenie sieci wymusi stosowanie tych samych kryteriów decyzyjnych w zakresie kwalifikacji incydentów do procesu zarządzania problemami),
- zarządzania problemami w różnych lokalizacjach przedsiębiorstwa, szczególnie gdy znajdują się w różnych krajach i komunikacja bezpośrednia jest utrudniona,
- dostarczanych usług utrzymania systemów ICT dla różnych klientów oraz branż, co powoduje większe dostosowanie ich do najlepszych praktyk w kwestii wyboru incydentów do procesu zarządzania problemami.

Biorąc to pod uwagę, w ramach tego etapu przedstawiono również rekomendacje w zakresie wykorzystania sieci neuronowej w praktyce.

Wyniki badań uzyskane w ramach IV etapu pozwalają na stwierdzenie, że został osiągnięty 4. cel cząstkowy pracy.

W pracy zostały przyjęte dwie hipotezy badawcze.

Wyniki uzyskane w zakresie I, II oraz III etapu badań pozwalają na stwierdzenie, że istnieje możliwość wykorzystania sztucznej inteligencji do dalszej automatyzacji utrzymania systemów ICT dla wspierania analityków w podejmowaniu decyzji o ulepszaniu tych systemów. Oznacza to, że przeprowadzone w ramach niniejszej pracy badania pozwoliły na pozytywne zweryfikowanie 1. hipotezy badawczej.

Wyniki uzyskane w toku IV etapu badań pozwalają na stwierdzenie, że wykorzystanie sieci neuronowej w praktyce wpływa na skrócenie czasu podejmowania trafnych decyzji o ulepszaniu systemów ICT, co powinno skutkować poprawą ich dostępności, a w konsekwencji niezawodności systemów produkcyjnych. Na podstawie uzyskanych w pracy wyników można zatem stwierdzić, że 2. hipoteza badawcza pracy została pozytywnie zweryfikowana.

Spis literatury i materiałów źródłowych

1. Abbas Q., Ahmad F., Imran M., Variable learning rate based modification in backpropagation algorithm (MBPA) of artificial neural network for data classification, Science International, Vol. 28 Issue 3, May-Jun 2016.
2. About Axelos, English version, 2016, <https://www.axelos.com/about-axelos>.
3. Apache. (2016, 05 11). Apache License Version 2.0, January 2004. Pobrano z lokalizacji Apache Software Foundation: <http://www.apache.org/licenses/LICENSE-2.0.html>.
4. Asset Management: Część obszaru Przekazania Usług ICT, proces odpowiedzialny za inwentaryzację zasobów ICT, ITIL Service Transition, OGC, 2007, London, TSO (The Stationery Office).
5. Auer P., Burgsteiner H., Maass, W., A learning rule for very simple universal approximators consisting of a single layer of perceptrons, Neural Networks, Vol. 21 Issue 5, 2008.
6. Availability for Managed Converged Infrastructure, Service Level Agreement For Cisco Managed Services Comprehensive Tier, http://www.cisco.com/web/about/doing_business/legal/service_descriptions/index.htm.
7. Banaszak Z., Kłos S., Mleczko J., Zintegrowane systemy zarządzania, Zarządzanie i Inżynieria Produkcji, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2016.
8. Benaroch M., Dai Q., Kauffman R. J., Journal of Management Information Systems. Spring 2010, Vol. 26 Issue 4.
9. Bengio, Yoshua, Practical recommendations for gradient based training of deep architectures. Neural Networks: Tricks of the Trade. Springer Berlin, 2012.
10. Best Practice: Axelos, 2016, <https://www.axelos.com/best-practice-solutions/itil>.
11. Białko M., Sztuczna inteligencja i elementy hybrydowych systemów ekspertowych, Politechnika Koszalińska, Wydawnictwo Uczelniane, Koszalin 2005.
12. Bojar W., Rostek K., Knopik L., Systemy Wspomagania Decyzji, ZIP Zarządzanie i Inżynieria Produkcji, Warszawa, 2014.
13. Bretschneider, S., Marc-Aurele, F.J., Jr., and Wu, J., 2005, "Best Practices" Research: A methodological guide for the perplexed, Journal of Public Administration Research and Theory (15)2:307-323

14. BS15000, obecnie znane jako ISO20000, <http://www.bs15000.org.uk/>.
15. Bujak B., The art of IT, czyli o zarządzaniu IT, TCO - czyli zarządzanie całkowitymi kosztami IT, tco.pl, 2017.
16. Bujak B., Usługi IT, potrzeba czy konieczność, Zarządzanie usługami IT, slm.pl, 2017.
17. Bytniewski A. (red.), Wpływ technologii sieciowych na organizację i funkcjonowanie systemów informatycznych zarządzania, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej im. Oskara Langego, Wrocław 2006.
18. Capita PLC, <http://www.capita.com>.
19. Cisco Systems, 2016, „CMS runbook template”.
20. Cisco Systems, Cisco Technical Services Resource Guide, 2017, https://www.cisco.com/en/US/services/ps2827/ps2978/services_overview0900aecd8039b86e.pdf.
21. Cisco Systems, Cisco Managed Service for Enterprise Service Level Objectives, 2017, https://www.cisco.com/c/dam/en_us/about/doing_business/legal/service_descriptions/docs/Service_Level_Objectives_Remote_Management_Services.pdf.
22. Davis P., Root Cause Analysis, COBIT Focus, 2016.
23. DimensionData. Network Barometer Report 2014. www.dimensiondata.com, <https://www.dimensiondata.com/Global/Downloadable%20Documents/Network%20Barometer%20Report%202014.pdf>.
24. Draper N.R., Smith H., Applied Regression Analysis 3rd edition, Wiley Series in Probability and Statistics, New York 1998.
25. Durlik I., Inżynieria zarządzania: strategia i projektowanie systemów produkcyjnych. Cz. 1 wyd. 7 uzup., [Strategie organizacji produkcji, nowe koncepcje zarządzania], Wydawnictwo Placet, Warszawa 2007.
26. Durlik I., Inżynieria zarządzania: strategia i projektowanie systemów produkcyjnych. Cz. 2, Wydawnictwo Placet, Warszawa 2007.
27. Durlik I., Restrukturyzacja procesów gospodarczych. Reengineering, teoria i praktyka, Placet, Warszawa 1998.
28. Durlik I., Strategia i projektowanie systemów produkcyjnych, Placet, 1995.
29. Expert insight into Capacity Management at Gartner Data Centre Summit 2008 M2PressWIRE, Oct 20, 2008.

30. Freund Y., Schapire R., Large Margin Classification Using the Perceptron Algorithm, *Machine Learning*, 37(3), 10 Dec 2016
<http://cseweb.ucsd.edu/~yfreund/papers/LargeMarginsUsingPerceptron.pdf>.
31. FOLDOC Free On-line Dictionary of Computing:
<http://foldoc.org/information%20technology>, 2000.
32. Forte D., Security standardization in incident management: the ITIL approach, *Network Security*, Jan 2007, Vol. 2007 Issue 1.
33. Gini, C., "Concentration and dependency ratios" (in Italian). English translation in *Rivista di Politica Economica*, 87, 1997.
34. Gościński T., Analiza sygnałów z procesu zarządzania incydentami w systemach ICT i ich wykorzystanie w podejmowaniu decyzji z użyciem metod sztucznej inteligencji, *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria Organizacja i zarządzanie, Zeszyt 78*, Gliwice 2015.
35. Gościński T., Zarządzanie procesami naprawczymi w systemach informatycznych operatorów telekomunikacyjnych, *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria Organizacja i zarządzanie, Zeszyt 70*, Gliwice 2014.
36. Governica.com, Encyklopedia ITIL,
[https://www.governica.com/%C5%9Arodowisko_producyjne_\(ITIL\)](https://www.governica.com/%C5%9Arodowisko_producyjne_(ITIL)), 2017.
37. Grzech A. (red.), *Inżynieria wiedzy i systemy ekspertowe, T. 1*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2006.
38. Grzech A. (red.), *Inżynieria wiedzy i systemy ekspertowe, T. 2*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2006.
39. Han J. C. M., The influence of the sigmoid function parameters on the speed of backpropagation learning. *Computational Models of Neurons and Neural Nets*, 2005.
40. Heaton J., *Artificial Intelligence for Humans, Volume 1: Fundamental Algorithms*. St. Louis: CreateSpace, 2013.
41. Heaton J., *Artificial Intelligence for Humans, Volume 3: Deep Learning and Neural Networks*, Heaton Research Inc., St Louis, 2015.
42. Heizer, Jay H, Render, Barry, *Operations management 7th ed.*, Upper Saddle River: Pearson/Prentice Hall, London 2004.
43. Hertz J., Krogh A, Palmer R. G., *Wstęp do teorii obliczeń neuronowych*, wydanie drugie, Wydawnictwa Naukowo Techniczne, Warszawa 1993 - 1995.

44. Hornik K., Approximation capabilities of multi-layer feedforward networks. Neural Networks, Vol 4, 1991.
45. Iden J., Roar T., Exploring ITIL Adoption over time in the Nordic Countries, Eikebrokk, 2016,
<https://www.hb.se/PageFiles/229517/IT%20Service%20Management%20%20Exploring%20ITIL%20Adoption%20over%20time%20in%20the%20Nordic%20Countriesv2.pdf>.
46. IETF. (2016, 08 20). A Simple Network Management Protocol (SNMP). Pobrano z lokalizacji IETF.org: <https://tools.ietf.org/html/rfc1098>.
47. IETF. (2016, 08 20). Coexistence between Version 1 and Version 2 of the Internet-standard Network Management Framework. Pobrano z lokalizacji IETF.org: <https://tools.ietf.org/html/rfc1908>.
48. IETF. (2016, 08 20). Conformance Statements for Version 2 of the Simple Network Management Protocol (SNMPv2). Pobrano z lokalizacji IETF.org: <https://tools.ietf.org/html/rfc1904>.
49. IETF. (2016, 08 20). IETF.org. Pobrano z lokalizacji A Simple Network Management Protocol (SNMP): <https://tools.ietf.org/html/rfc1157>.
50. IETF. (2016, 08 20). Introduction to Community-based SNMPv2. Pobrano z lokalizacji IETF.org: <https://tools.ietf.org/html/rfc1901>.
51. IETF. (2016, 08 20). Management Information Base for Version 2 of the Simple Network Management Protocol (SNMPv2). Pobrano z lokalizacji IETF.org: <https://tools.ietf.org/html/rfc1907>.
52. IETF. (2016, 08 20). Protocol Operations for Version 2 of the Simple Network Management Protocol (SNMPv2). Pobrano z lokalizacji IETF.org: <https://tools.ietf.org/html/rfc1905>.
53. IETF. (2016, 08 20). Structure and Identification of Management Information for TCP/IP-based internets. Pobrano z lokalizacji IETF.org: <https://tools.ietf.org/html/rfc1065>.
54. IETF. (2016, 08 20). Structure of Management Information for Version 2 of the Simple Network Management Protocol (SNMPv2). Pobrano z lokalizacji IETF.org: <https://tools.ietf.org/html/rfc1902>.

55. IETF. (2016, 08 20). Textual Conventions for Version 2 of the Simple Network Management Protocol (SNMPv2). Pobrano z lokalizacji IETF.org: <https://tools.ietf.org/html/rfc1903>.
56. IETF. (2016, 08 20). Transport Mappings for Version 2 of the Simple Network Management Protocol (SNMPv2). Pobrano z lokalizacji IETF.org: <https://tools.ietf.org/html/rfc1906>.
57. IETF. (2016, 08 21). A Simple Network Management Protocol. Pobrano z lokalizacji IETF.org: <https://tools.ietf.org/html/rfc1067>.
58. IETF. (2016, 08 21). Management Information Base for Network Management of TCP/IP-based internets. Pobrano z lokalizacji IETF.org: <https://tools.ietf.org/html/rfc1066>.
59. IETF. (2016, 08 22). An Architecture for Describing Simple Network Management Protocol (SNMP) Management Frameworks. Pobrano z lokalizacji IETF.org: <https://tools.ietf.org/html/rfc3411>.
60. IETF. (2016, 08 22). Management Information Base (MIB) for the Simple Network Management Protocol (SNMP). Pobrano z lokalizacji IETF.org: <https://tools.ietf.org/html/rfc3418>.
61. IETF. (2016, 08 22). Message Processing and Dispatching for the Simple Network Management Protocol (SNMP). Pobrano z lokalizacji IETF.org: <https://tools.ietf.org/html/rfc3412>.
62. IETF. (2016, 08 22). Simple Network Management Protocol (SNMP) Applications. Pobrano z lokalizacji IETF.org: <https://tools.ietf.org/html/rfc3413>.
63. IETF. (2016, 08 22). Transport Mappings for the Simple Network Management Protocol (SNMP). Pobrano z lokalizacji IETF.org: <https://tools.ietf.org/html/rfc3417>.
64. IETF. (2016, 08 22). User-based Security Model (USM) for version 3 of the Simple Network Management Protocol (SNMPv3). Pobrano z lokalizacji IETF.org: <https://tools.ietf.org/html/rfc3414>.
65. IETF. (2016, 08 22). Version 2 of the Protocol Operations for the Simple Network Management Protocol (SNMP). Pobrano z lokalizacji IETF.org: <https://tools.ietf.org/html/rfc3416>.
66. IETF. (2016, 08 22). View-based Access Control Model (VACM) for the Simple Network Management Protocol (SNMP). Pobrano z lokalizacji IETF.org: <https://tools.ietf.org/html/rfc3415>.

67. IETF. (2016, 10 01). The BSD syslog Protocol. Pobrano z lokalizacji IETF.org:
<https://tools.ietf.org/html/rfc3164>.
68. IETF. (2016, 10 01). The Syslog Protocol. Pobrano z lokalizacji IETF.org:
<https://tools.ietf.org/html/rfc5424>.
69. Impact: Miara negatywnego wpływu incydentu na system ICT. ITIL Glossary and Abbreviations, English Version, Axelos, 2011,
https://www.axelos.com/Corporate/media/Files/Glossaries/ITIL_2011_Glossary_GB-v1-0.pdf.
70. Instytut CEM, <http://cem.pl/pl/analizy/wielkosc-proby>.
71. ISO 20000:2005 norma ITSM, ISO, 2005,
http://www.iso.org/iso/catalogue_detail?csnumber=41332.
72. IT Operations Management, ITIL Glossary and Abbreviations, English version, Axelos, 2011,
https://www.axelos.com/Corporate/media/Files/Glossaries/ITIL_2011_Glossary_GB-v1-0.pdf.
73. IT Service Management & ITIL Application Support, Bob Anderson, 30.10.2009,
<http://www.itservicemanagement-til.com/it-service-management-cat/itil-v3-life-cycle/the-business-value-of-the-til-v3-service-lifecycle/>.
74. IT Service Management: Exploring ITIL Adoption over time in the Nordic Countries, Jon Iden and Tom Roar Eikebrokk, 2016,
<https://www.hb.se/PageFiles/229517/IT%20Service%20Management%20-%20Exploring%20ITIL%20Adoption%20over%20time%20in%20the%20Nordic%20Countriesv2.pdf>.
75. ITIL Continual Service Improvement, OGC, 2007, London, TSO (The Stationery Office).
76. ITIL Glossary and Abbreviations, English Version, Axelos, 2011,
https://www.axelos.com/Corporate/media/Files/Glossaries/ITIL_2011_Glossary_GB-v1-0.pdf.
77. ITIL Service Design, OGC, 2007, London, TSO (The Stationery Office),
78. ITIL Service Operations, OGC, 2007, London, TSO (The Stationery Office)
79. ITIL Service Strategy, Axelos, 2011, London, TSO (The Stationery Office)
80. ITIL Service Transition, OGC, 2007, London, TSO (The Stationery Office)

81. ITIL The Basics, Axelos, July 2013, <https://www.axelos.com/case-studies-and-white-papers/itil-the-basics-white-paper>.
82. ITSM.TOOLS forum, Who Has Adopted Which ITSM and ITIL Processes? Stephen Mann, 2016 December 14, <https://itsm.tools/2016/12/14/who-has-adopted-which-itsm-and-itil-processes/>.
83. ITSM: ITIL Glossary and Abbreviations, English version, Axelos, 2011, https://www.axelos.com/Corporate/media/Files/Glossaries/ITIL_2011_Glossary_GB-v1-0.pdf.
84. itSMF: ITIL Glossary and Abbreviations, English Version, Axelos, 2011, https://www.axelos.com/Corporate/media/Files/Glossaries/ITIL_2011_Glossary_GB-v1-0.pdf.
85. ITU Regulations, Radio Regulations Articles, 2012, Article 1.3, https://www.itu.int/dms_pub/itu-s/oth/02/02/S02020000244501PDFE.PDF.
86. Kamimura R., Kamimura T., Shultz T. R., Information theoretic competitive learning and linguistic rule acquisition, Transactions of the Japanese Society for Artificial Intelligence vol. 16, no. 2, 2001.
87. Kamimura R., Simplified Information Maximization for Improving Generalization Performance in Multilayered Neural Networks, Mathematical Problems in Engineering. 3/28/2016.
88. Kendall, M. G.; Babington Smith, B., "The Problem of m Rankings". The Annals of Mathematical Statistics, 10, 1939.
89. Korbicz J. O. A., Sztuczne Sieci Neuronowe Podstawy i Zastosowania, Akademicka Oficyna Wydawnicza, Warszawa 1994.
90. Koronacki J., Mielniczuk J., Statystyka dla studentów kierunków technicznych i przyrodniczych, Wydawnictwo Naukowo Techniczne, Warszawa 2006.
91. Lewandowski J., Skołod B., Plinta D., Organizacja systemów produkcyjnych, Zarządzanie i Inżynieria Produkcji, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa, 2014.
92. Li Y., Fu Y., Li H., Zhang S. W., The Improved Training Algorithm of Back Propagation Neural Network with Self-Adaptive Learning Rate, International Conference on Computational Intelligence and Natural Computing, 2009.

93. Lyles R.H., Guo Y., Greenland S., Reducing Bias and Mean Squared Error Associated with Regression-Based Odds Ratio Estimators, *Journal of Statistical Planning and Inference*, Vol. 142 (12), Dec 2012.
94. Łęski J., *Systemy neuronowo-rozmyte*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2008.
95. Markowska-Kaczmar U., Kwaśnicka H. *Sieci neuronowe w zastosowaniach: praca zbiorowa*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2005.
96. Maus R., Keyes J, *Handbook of expert systems in manufacturing*, McGraw-Hill Companies, New York 1991.
97. McAllester D., *Statistical Methods for Artificial Intelligence, Neural Networks Backpropagation General Gradient Descent*,
<http://ttic.uchicago.edu/~dmcallester/ttic101-07/lectures/neural/neural.pdf>.
98. McCaffrey J., “How To Standardize Data for Neural Networks”, 15 Jan 2014, *Visual Studio Magazine, Neural Networks Lab*,
<https://visualstudiomagazine.com/articles/2014/01/01/how-to-standardize-data-for-neural-networks.aspx>.
99. McCulloch W. P., *A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity*. *Bulletin of Mathematical Biophysics*, 1943.
100. Michalik K., „Systemy ekspertowe we wspomaganii procesów zarządzania wiedzą w organizacji”, *Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach*, Katowice 2014.
101. Nguyen D., Widrow B., *Improving the learning speed of 2-layer neural networks by choosing initial values of the adaptive weights*, *Proceedings of the International Joint Conference on Neural Networks*, 1990.
102. Niederliński A., *Regułowo-modelowe systemy ekspertowe rmse*, *Wydawnictwo Pracownia Komputerowa Jacka Skalmierskiego*, Gliwice 2013.
103. Niederliński A., *Systemy ekspertowe dla automatyzacji zarządzania: co i jak można automatyzować w zarządzaniu?: Od udręki z paragrafami do automatycznego wnioskowania*, *Wydawnictwo Pracownia Komputerowa Jacka Skalmierskiego*, Gliwice 2015.
104. Orr G., *Momentum and Learning Rate Adaptation*”, *Willamette University, Neural Networks*, 1999, www.willamette.edu/~gorr/classes/cs449/momrate.html.

105. Osowski S., Sieci neuronowe do przetwarzania informacji, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2006.
106. Osowski S., Sieci Neuronowe, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1996.
107. Pająk E., Klimkiewicz M., Kosieradzka A., Zarządzanie produkcją i usługami, Zarządzanie i Inżynieria Produkcji, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa, 2014.
108. Parmenter D., Kluczowe wskaźniki efektywności (KPI). Tworzenie, wdrażanie i stosowanie. Gliwice: Wydawnictwo Helion, 2015.
109. PN-EN 15341:2007 Maintenance – Maintenance Key Performance Indicators. Warszawa, Polski Komitet Normalizacyjny, 2007.
110. Problem Management: Major Payback for the Data Center, Computer Economics Report. Sep2006, Vol. 28 Issue 9.
111. Qian N., On the momentum term in gradient descent learning algorithms, Neural Networks vol.12, 1999, <http://www.columbia.edu/~nq6/publications/momentum.pdf>.
112. Quora.com, multiple authors, “What is the role of the activation function in a neural network?”, 25 Feb 2016, <https://www.quora.com/What-is-the-role-of-the-activation-function-in-a-neural-network>.
113. Review of recent ITIL studies, Axelos, 2011, <https://www.axelos.com/case-studies-and-white-papers/review-of-recent-til-studies>.
114. Rogowski A., Podstawy organizacji i zarządzania produkcją w przedsiębiorstwie, Wydawnictwa Fachowe CeDeWu, Warszawa 2010.
115. Rumelhart D., Hinton G., Williams R., Learning representations by back-propagating errors”, Nature 323, October 1986.
116. Rumelhart G.H.D., “Neurocomputing: Foundations of research”, Anderson & Rosenfeld 1988.
117. runbook: Zbiór procedur oraz instrukcji dla administratorów systemu ICT, <https://en.wikipedia.org/wiki/Runbook>.
118. ServiceNOW Community, “NowForum: Get More Out Of Your IT Service Management Tool”, 2013 October 3, Stephen Mann, <https://community.servicenow.com/community/blogs/blog/2013/10/03/1338>.
119. Sevarac J. T., 2016, 09 3, Neuroph, Java Neural Network Framework. Pobrano z lokalizacji Sourceforge: <http://neuroph.sourceforge.net/>.

120. Shooman, Martin L, Reliability of computer systems and networks: fault tolerance, analysis, and design, John Wiley & Sons, New York 2002.
121. Slack, Nigel, Brandon-Jones, Alistair, Johnston, Robert, Operations management 8th ed., Pearson Education, London 2016.
122. Śliwczyński B., Koliński A., Andrzejczyk P., Organizacja i monitorowanie procesów produkcyjnych, Instytut Logistyki i Magazynowania, Poznań 2013.
123. Sojak S., Rachunek kosztów. Wybrane zagadnienia, Towarzystwo Naukowe Organizacji i Kierownictwa, Toruń 2000.
124. Spasic B. Markovic A., Information and Communication Technology Unit Service Management in a Non-profit Organization Using ITIL Standards, Management (1820-0222). 2013, Issue 66.
125. Sroka H., Systemy ekspertowe: komputerowe wspomaganie decyzji w zarządzaniu i finansach, Wydawnictwo Uczelniane AE, Katowice 1994.
126. StackOverflow, „Role of BIAS in Neural Netowrks”, 16 May 2016, <http://stackoverflow.com/questions/2480650/role-of-bias-in-neural-networks>.
127. Stęgowski Z., Sztuczne Sieci Neuronowe, Kernel 2004.
128. Szatkowski K. (red.), Nowoczesne zarządzanie produkcją: ujęcie procesowe, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2014.
129. Tadeusiewicz R., Sieci Neuronowe, Akademicka Oficyna Wydawnicza, Warszawa 1993.
130. The Official Introduction to the ITIL, OGC, 2007, London, TSO (The Stationery Office).
131. University of Minesota, Information Technology, ServiceNow Incident: Determine the Impact, Urgency, and Priority of an Incident, ServiceNow Article ID KB0017332, 2017 January 04.
132. Valerie Arraj C. P., ITIL®: The Basics. Pobrano 03 06, 2016 z lokalizacji <https://www.axelos.com/case-studies-and-white-papers/itil-the-basics-white-paper>.
133. Werbos P. J., Backpropagation through time: What it does and how to do it”, IEEE vol. 78, 1990.
134. What is ITIL Best Practice, Axelos, 2016, <https://www.axelos.com/best-practice-solutions/itil/what-is-itil>.

135. Wilson P., Dell L., Anderson G., Root Cause Analysis: A Tool for Total Quality Management, Milwaukee, Wisconsin: ASQ Quality Press, 1993.
136. Yamada H., Yada T., Nomura H., Developing network configuration management database system and its application-data federation for network management, Telecommunication Systems, Feb 2013, Vol. 52 Issue 2.
137. Yamakawa P., Noriega C. O., Linares A. N., Ramírez W. V., Improving ITIL compliance using change management practices: a finance sector case study, Business Process Management Journal. 2012, Vol. 18 Issue 6.
138. Zambon E., Model-based qualitative risk assessment for availability of IT infrastructures, Software & Systems Modeling. Oct2011, Vol. 10 Issue 4.
139. Zhang N., Wu W., Zheng G., Convergence of gradient method with momentum for two-layer feedforward neural networks, IEEE Transactions on Neural Networks Vol. 17 (2), Mar 2006.
140. Zuppo C. M., Defining ICT in boundaryless world: the development of a working hierarchy, Marion Technical College (MTC), International Journal of Managing Information Technology (IJMIT) Vol.4, No.3, August 2012, <http://www.airccse.org/journal/ijmit/papers/4312ijmit02.pdf>.
141. Żurada J., Barski M., Jędruch W., Sztuczne sieci neuronowe: podstawy teorii i zastosowania, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1996.
142. Żurada J., Barski M., Jędruch W., Sztuczne Sieci Neuronowe, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1992.

Spis tabel

Tab. 1.1 Protokół syslog – kod facility.....	26
Tab. 1.2 Protokół syslog – kod severity	27
Tab. 1.3 Spis treści „runbook”	34
Tab. 1.4 Definicja wpływu incydentów.....	38
Tab. 1.5 Definicje pilności incydentów	38
Tab. 1.6 Tworzenie priorytetów incydentów.....	39
Tab. 1.7 Oznaczenia priorytetów	39
Tab. 1.8 Opis incydentu na etapie tworzenia.....	40
Tab. 1.9 Opis incydentu na etapie zamknięcia	41
Tab. 3.1 Sygnały z procesu zarządzania incydentami – przybierane wartości.....	53
Tab. 3.2 Sygnały z procesu zarządzania incydentami – podział na kwantyfikowalne oraz opisowe zależne od przykładu.....	55
Tab. 4.1 Sygnały dostępne w systemie utrzymania ICT	81
Tab. 4.2 Ankieta badawcza dla określenia istotności sygnałów w utrzymaniu systemów ICT.....	82
Tab. 4.3 Wyniki badań ankietowych dotyczących istotności sygnałów w utrzymaniu systemów ICT.....	85
Tab. 4.4 Sygnały istotne w systemie utrzymania ICT, które należy poddać dalszym badaniom w aspekcie ich przydatności w metodzie sieci neuronowej	88
Tab. 4.5 Przydatność sygnałów istotnych w aspekcie ich wykorzystania w metodzie sieci neuronowych.....	90
Tab. 5.1 Ankieta badawcza dla zebrania wiedzy eksperckiej w zakresie utrzymania systemów ICT.....	93
Tab. 5.2 Przykładowa tabela ankiety zbierającej wiedzę ekspercką dla parametrów TTR OK=1, TTN OK=1	94
Tab. 5.3 Wyniki badań ankietowych wiedzy eksperckiej	95

Tab. 5.4 Zgromadzona wiedza ekspercka.....	98
Tab. 6.1 Normalizacja sygnału „pilność”	102
Tab. 6.2 Normalizacja sygnału „wpływ”	102
Tab. 6.3 Zbiór uczący sieć neuronową	103
Tab. 6.4 Parametry sieci neuronowych do testów	107
Tab. 6.5 Uporządkowanie testowanych sieci neuronowych według błędu średniokwadratowego (MSE).....	110
Tab. 6.6 Wyniki wykorzystania sieci neuronowej – przykład 1.....	120
Tab. 6.7 Wyniki wykorzystania sieci neuronowej – przykład 2.....	124
Tab. 6.8 Wyniki wykorzystania sieci neuronowej – przykład 3.....	128
Tab. 6.9 Miesięczne czasy pracy analityków i sieci neuronowej dla podjęcia decyzji o ulepszaniu systemów ICT	129
Tab. 6.10 Trafność podejmowania decyzji o ulepszaniu systemów ICT przez sieć neuronową	130
Tab. 6.11 Wyniki wykorzystania sieci neuronowej – zweryfikowany przykład 1.....	131
Tab. 6.12 Wyniki wykorzystania sieci neuronowej – zweryfikowany przykład 2.....	131
Tab. 6.13 Wyniki wykorzystania sieci neuronowej – zweryfikowany przykład 3.....	132
Tab. 6.14 Trafność podejmowania decyzji o ulepszaniu systemów ICT przez sieć neuronową	132

Spis rysunków

Rys. 1.1. Model systemu produkcyjnego.....	6
Rys. 1.2. Schemat połączeń systemu produkcyjnego i systemu ICT	7
Rys. 1.3 Relacje pomiędzy głównymi obszarami w metodologii ITIL	13
Rys. 1.4 Strategia Usług – zakres funkcjonalny	14
Rys. 1.5 Projektowanie Usług – zakres funkcjonalny	15
Rys. 1.6 Przekazanie Usług – zakres funkcjonalny	18
Rys. 1.7 Utrzymanie Usług – zakres funkcjonalny	20
Rys. 1.8 Doskonalenie Usług – relacje z innymi procesami	22
Rys. 1.9 Proces zarządzania zdarzeniami	23
Rys. 1.10 Zbieranie danych z elementów systemów ICT przez stację monitorującą.....	25
Rys. 1.11 Proces zarządzania incydentami.....	31
Rys. 1.12 Proces zarządzania problemami	33
Rys. 1.13 System ICT oraz monitoringu – przykład	35
Rys. 1.14 Zarządzanie Incydentami – przykład.....	37
Rys. 1.15 Zarządzenie Problemami – przykład	43
Rys. 1.16 Model utrzymania systemów ICT	44
Rys. 2.1 Model procesu badawczego	50
Rys. 3.1. Sztuczny neuron	58
Rys. 3.2. Sieć neuronowa	59
Rys. 3.3. Uproszczony schemat sieci neuronowej.....	60
Rys. 3.4. Sieć neuronowa w pełni połączona	61
Rys. 3.5. Sieć neuronowa z BIAS-em	63
Rys. 3.6. Liniowa funkcja aktywacji	65
Rys. 3.7 Progowa funkcja aktywacji	66

Rys. 3.8 Sigmoidalna unipolarna funkcja aktywacji	67
Rys. 3.9. Sigmoidalna bipolarna funkcja aktywacji– tanh	68
Rys. 3.10. Wpływ wagi na wartość funkcji aktywacji	69
Rys. 3.11. Wpływ BIAS-u na wartość funkcji aktywacji.....	70
Rys. 3.12. Jednokierunkowa sieć neuronowa.....	71
Rys. 4.1 Wyniki badań ankietowych dotyczące istotności sygnałów w utrzymaniu systemów ICT.....	85
Rys. 4.2 Wyniki badań ankietowych z wskazaniem istotności sygnałów	87
Rys. 6.1 Utrzymanie systemów ICT z wykorzystaniem sieci neuronowych	99
Rys. 6.2 Sieć neuronowa wykorzystywana w analizie incydentów i podejmowaniu decyzji o ich zakwalifikowaniu jako problemy.....	113
Rys. 6.3 Diagram przykładowego systemu produkcyjnego wraz z systemem ICT oraz monitoringu ICT.....	115
Rys. 6.4 System monitoringu ICT w przykładach.....	116
Rys. 6.5 Diagram systemu produkcyjnego wraz z systemem ICT oraz monitoringu ICT – przykład 1	118
Rys. 6.6 Średnia miesięczna liczba zdarzeń, incydentów oraz problemów – przykład 1	119
Rys. 6.7 Diagram systemu produkcyjnego wraz z systemem ICT oraz monitoringu ICT – przykład 2	122
Rys. 6.8 Średnia miesięczna liczba zdarzeń, incydentów oraz problemów – przykład 2	123
Rys. 6.9 Diagram systemu produkcyjnego wraz z systemem ICT oraz monitoringu ICT – przykład 3	126
Rys. 6.10 Średnia miesięczna liczba zdarzeń, incydentów oraz problemów – przykład 3 ..	127