

MARCIN GAJZLER*

PODSTAWY SYSTEMU WSPOMAGAJĄCEGO ZARZĄDZANIE NAWIERZCHNIAMI PRZEMYSŁOWYM

FOUNDATIONS OF THE SUPPORT SYSTEM FOR INDUSTRIAL SURFACES MANAGEMENT

Streszczenie

Artykuł przedstawia główne założenia budowy i funkcjonowania systemu wspomagającego zarządzanie nawierzchniami przemysłowymi. System ten jako narzędzie wspomagające zarządcę/właściciela nawierzchni pozwala wypracowywać decyzje niezbędne dla właściwego funkcjonowania nawierzchni, ujmując trzy aspekty zarządzania: techniczny związany z utrzymaniem, konserwacją i naprawami, ekonomiczny ujmujący rachunek kosztów i przychodów oraz aspekt społeczny pozwalający budować relacje z użytkownikiem nawierzchni. Zaproponowano budowę modułową systemu zarządzania oraz zaprezentowano istniejący moduł dla napraw posadzek przemysłowych (system doradczy dla napraw posadzek przemysłowych), a także grupę narzędzi inteligentnych mogących znaleźć zastosowanie w budowie systemu zarządzania.

Słowa kluczowe: system zarządzania, nawierzchnie przemysłowe, metody inteligentne

Abstract

This paper presents the main foundations of the structure and operation of the support system for industrial surfaces management. This model of system as a tool supporting the administrator/owner of surface enables to reach decisions essential for the proper operation of the surface considering three aspects of management: technical (referring to maintenance and repairs), economic (relating to costs calculation) and social (allowing to establish a relationship with surface user). The paper contains: presentation of the model of industrial surfaces management system, description of the module enabling the owner of surface to repair the industrial floors as well as specification of the cluster of intelligence tools which can be applied in the management system.

Keywords: management system, industrial surfaces, AI methods

* Dr inż. Marcin Gajzler, Instytut Konstrukcji Budowlanych, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Politechnika Poznańska.

1. Nawierzchnia i posadzka przemysłowa

W celu usystematyzowania wiedzy warto na początku określić niewielkie różnice, jakie występują pomiędzy pojęciami nawierzchni i posadzki przemysłowej. Często pojęcia te występują zamiennie, co nie jest poprawne. Definicję posadzki można odnieść do wierzchnich warstw podłogowych zastosowanych w obiektach budownictwa przemysłowego. Żenczykowski tak definiował pojęcia podłogi i posadzki oraz pojęcia podkładu i podłoża [22]: „Podłogą nazywamy element wykończenia budowli ułożony na podłożu, składający się z jednej, dwóch lub więcej warstw, z których górna o wierzchniej powierzchni płaskiej jest odpowiednio przystosowana do wymagań użytkowych”. „Posadzką nazywana jest wykładzina będąca wierzchnią warstwą podłogi i stanowiąca jej zewnętrzne wykończenie”. „Podkład stanowi część składową podłogi, która przejmuje obciążenia działające na posadzkę i przekazuje je na podłoże” (...). (to dopisek aut.). Podłoże oparcie konstrukcyjne dla podłogi przekazujące obciążenie z podłogi na grunt bezpośrednio lub poprzez inne elementy budowli”.

Przytoczone definicje wydają się być słuszne, ale brakuje wśród nich definicji posadzki czy podłogi przemysłowej. Analizując te pojęcia, można dojść do wniosku, że funkcjonujące obecnie w nomenklaturze pojęcie posadzki przemysłowej jest poniekąd niewłaściwe. Częstość pod tym pojęciem rozumiane są wszystkie warstwy ułożone na podłożu w obiekcie budownictwa przemysłowego, a nie – jak sugeruje pojęcie – jedynie warstwy wierzchnie. Mając to na uwadze, należałoby stosować pojęcie podłóg przemysłowych, tym bardziej, że specyfika budownictwa przemysłowego i związanych z nim wymogów użytkowych w znacznym stopniu wpływają na konstrukcję wszystkich warstw podłogi, a nie tylko warstw wierzchnich – posadzkowych [7, 8]. Nieco innym, znacznie szerszym pojęciem są nawierzchnie przemysłowe, które stanowią również nawierzchnie znajdujące się na zewnątrz, spotykane w budownictwie przemysłowym, a więc nawierzchnie ramp wyładunkowych, placów składowych itp. Dyskusję na ten temat podjął między innymi Mierzwa [14].

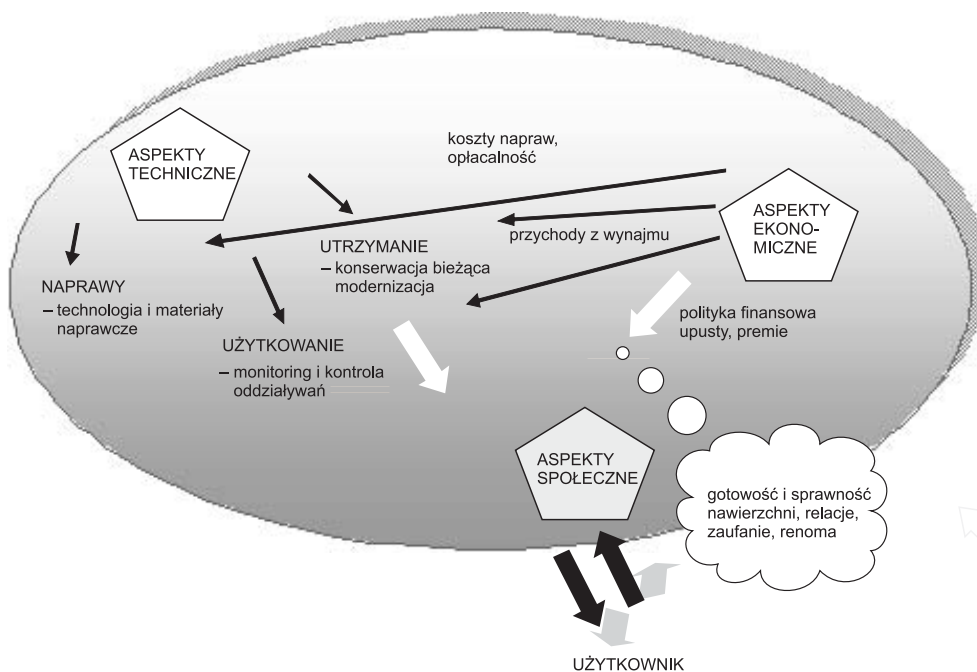
Jak widać z przytoczonej analizy istnieją różnice w terminologii i związanych z nią elementach. Niemniej można stwierdzić, że zarówno podłoga i posadzka, jak też nawierzchnia przemysłowa są bardzo ważnymi elementami, sprawności od których częstość zależy funkcjonowanie całego obiektu [17].

2. Zarządzanie nawierzchniami i jego aspekty

Zarządzanie to ogół działań, które zmierzają do efektywnego wykorzystania posiadanych zasobów i dóbr w celu osiągnięcia wcześniej sformułowanego założenia [18, 20]. Przytoczoną ogólną definicję procesu zarządzania spróbujmy odnieść do przedmiotowych nawierzchni przemysłowych z punktu widzenia właściciela lub zarządcy obiektu. Posiadającym dobrem jest nawierzchnia, wykorzystanie której ma zapewnić wcześniej sformułowane założenia. Tymi założeniami dla właściciela najczęściej są maksymalizacja i zapewnienie stabilności zysku. Zysk ten może być osiągany w różny sposób. Najprostszym przykładem jest tutaj obiekt o charakterze magazynowym (np. magazyn wysokiego składowania), w przypadku którego osiągany zysk zależy od wynajmu powierzchni magazynowej. Innym przykładem może być hala produkcyjna, w której sprawność nawierzchni/podłogi warun-

kuje bezkolizyjność produkcji i może przekładać się dalej na wymierny wynik finansowy. Nieco szersza analiza takich przykładów prowadzi do przekonania, że zarządzanie nawierzchniami przemysłowymi (i nie tylko nawierzchniami) to w pewnym stopniu budowanie wzajemnej harmonii pomiędzy trzema podstawowymi aspektami (rys. 1):

- aspektami technicznymi,
- aspektami ekonomicznymi,
- aspektami społecznymi.



Rys. 1. Wybrane aspekty w zarządzaniu nawierzchniami przemysłowymi

Fig. 1. Some aspects in industrial surfaces management

Zarządzanie w aspekcie technicznym związane jest przede wszystkim z zachowaniem pierwotnych właściwości technicznych nawierzchni i funkcjonalnych, a także z ich ewentualnym poprawieniem (w zależności od potrzeb). Zarządzanie techniczne odpowiada prowadzeniu właściwej polityki w zakresie eksploatacji i utrzymania nawierzchni przemysłowej. Zasadniczymi działaniami w tym zakresie są: planowanie bieżących konserwacji, remontów i napraw nawierzchni, niedopuszczanie do powstawania uszkodzeń, głównie poprzez kontrolę oddziaływań na nawierzchnię i w razie potrzeby ewentualne modernizacje nawierzchni. Z analizy obszernej literatury i samych przypadków wynika, że zwiększanie różnego rodzaju oddziaływań w stosunku do uwzględnianych pierwotnie, stanowi istotną przyczynę do powstawania uszkodzeń nawierzchni. O ile uszkodzenia nie są pochodnymi błędów projektowych czy wykonawczych, o tyle duży odsetek uszkodzeń pochodzi od zmiany warunków użytkowania w stosunku do zakładanych pierwotnie.

Szczegółowymi zadaniami zarządzania technicznego będą: monitoring i ocena stanu nawierzchni przemysłowej, planowanie zabiegów konserwacyjnych, wzmocnień, napraw doraźnych oraz napraw zasadniczych czy też sam wybór rozwiązań materiałowo-technologicznych dla przewidywanych napraw.

Aspekt ekonomiczny zarządzania to przede wszystkim dbałość o wymierne korzyści finansowe płynące z zarządzanej nawierzchni. Wynik ten generowany jest z rachunku przychodów i kosztów związanych z nawierzchnią. Zarządzanie ekonomiczne występuje w ścisłym powiązaniu z zarządzaniem technicznym, a także zależy od prowadzonej przez właściciela polityki marketingowej. Zadaniem szczegółowym zarządzania ekonomicznego są różnego rodzaju analizy efektywności ekonomicznej związane w wyborze określonych strategii technicznych czy marketingowych.

Aspekt społeczny związany jest z budowaniem poprawnych relacji z użytkownikiem nawierzchni. Czynniki takie, jak: gotowość i niezawodność nawierzchni, stabilność i zaufanie sprzyjają długotrwałym relacjom użytkownika i właściciela/zarządcy nawierzchni. O ile w przypadku wcześniej opisanych aspektów technicznych i ekonomicznych ich znaczenie i oddziaływanie są mierzalne i rozpoznawalne, o tyle w przypadku czynników społecznych ich zakres i wpływ są trudno mierzalne i rozpoznawalne. Jednak znaczenie tych czynników ma często charakter strategiczny zarówno dla użytkownika, jak i właściciela nawierzchni.

3. Ogólne założenia systemu zarządzania

Zadaniem systemu zarządzania nawierzchniami przemysłowymi jest budowanie harmonii pomiędzy aspektami technicznymi, ekonomicznymi oraz społecznymi. Analizując to zagadnienie, łatwo stwierdzić, że aspekty te występują we wzajemnym powiązaniu i dlatego warto je ująć w kompleksowy system.

Jedną z znanych klasyfikacji systemów wspomagających zarządzanie [12, 19] opisuje problem w zależności od typu podejmowanych decyzji oraz poziomu organizacji. Zastanówmy się, z jakiego rodzaju decyzjami mamy do czynienia w przypadku nawierzchni przemysłowych oraz na jakim szczeblu są one podejmowane? Analizując wszelkie czynniki, dojdziemy do wniosku, że problemy decyzyjne zaliczyć można do klas częściowo i słabo ustrukturalizowanych, natomiast szczebel decyzyjny obejmuje zarówno poziom strategiczny, jak i operacyjny. Zgodnie ze wspomnianą klasyfikacją [19] odpowiednimi systemami wspomagającymi zarządzanie dla przytoczonych warunków są systemy oparte na ES (*expert systems*) [21], DSS (*decision support systems*) oraz ANN (*artificial neural networks*). Systemy te zalicza się zdecydowanie do klasy systemów inteligentnych.

Systemy oparte na modelach inteligentnych są znane i chętnie stosowane w wielu dziedzinach, a zwłaszcza w powiązanych z ekonomią oraz zarządzaniem. Ich praktyczne zalety są powszechnie znane – wspomagają pracę człowieka, a w przypadku problemów trywialnych i powtarzalnych mogą go nawet wyrezytować.

Budowa systemu zarządzania nawierzchniami przemysłowymi będzie opierać się również na przedstawionych wcześniej założeniach. Ma to być system inteligentny, a więc generujący na podstawie informacji wejściowych określone wnioski, które będą wykorzystywane w podejmowaniu decyzji. Charakter systemu będzie objawiał się również zastosowanymi w nim technikami inteligentnymi.

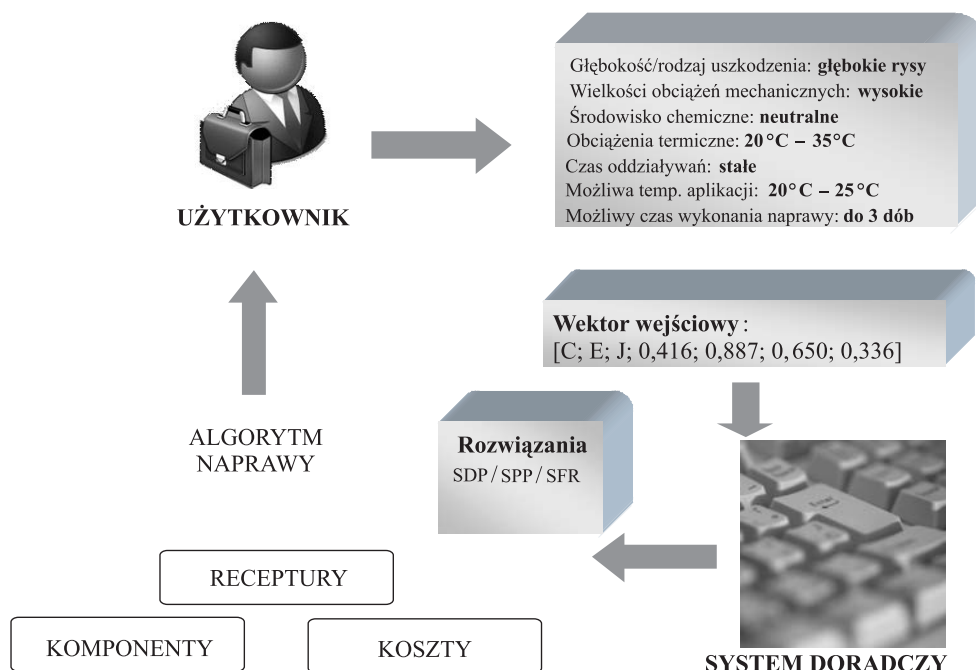
Architektura systemu będzie modułowa, a każdy z modułów odpowiedzialny za wyspecjalizowane decyzje. Doświadczenia autora w zakresie budowy systemu wspomagającego podejmowanie decyzji wskazują, że znacznie lepiej funkcjonują systemy modułowe i wyspecjalizowane, które ewentualnie można połączyć w określone struktury (szeregowe, równoległe, zanurzone) niż systemy, które odpowiedzialne są za kompleks zagadnień. Wynika to ze złożoności i zakresu zagadnień. Istnieją zadania i problemy, których rozwiązywanie może wymagać w jednym przypadku wiedzy wąskiej, a w innym przypadku wiedzy szerokiej. Zbudowanie zasobu wiedzy reprezentującej wszystkie możliwe problemy może okazać się trudne, nieopłacalne, a nawet niewykonalne. Analogicznie można się odnieść do samych rozwiązań narzędziowych. O ile te sprawdzą się w przypadku zagadnień monitoringu stanu technicznego, o tyle niekoniecznie będą optymalnym rozwiązaniem w zagadnieniu planowania napraw czy wyboru materiału i metody naprawczej.

Zapowiedzią jednego z modułów systemu i jednocześnie podstawą systemu wspomagającego zarządzanie nawierzchniami przemysłowymi jest opracowany przez autora hybrydowy system doradczy wykorzystywany w podejmowaniu decyzji technologiczno-materiałowych przy naprawach posadzek przemysłowych [10, 11]. System ten można zakwalifikować do modułów związanych z zarządzaniem technicznym. Jego idea i późniejsze opracowanie stanowiło bezpośrednią przyczynę do podjęcia tematyki zarządzania nawierzchniami przemysłowymi. System, który w rezultacie ma powstać, będzie stanowić rozwinięcie i kontynuację idei systemu doradczego. Istotę jego funkcjonowania zaprezentowano na rys. 2.

Opierając się na danych wejściowych, uzyskiwane na podstawie dialogu z użytkownikiem, system wskazuje na możliwe rozwiązania technologiczno-materiałowe w celu naprawy uszkodzenia posadzki. Sygnałami wejściowymi w tym przypadku są wartości zmiennych, takich jak:

- głębokość i rodzaj uszkodzenia,
- obciążenia mechaniczne,
- środowisko chemiczne,
- obciążenia termiczne,
- czas oddziaływań,
- możliwości aplikacji,
- możliwy czas wykonania naprawy.

Na podstawie procesu wnioskowania, zgodnie z bazą wiedzy oraz dostępną bazą danych, system generuje odpowiedzi w postaci proponowanego rozwiązania materiałowego, informacji powiązanych, takich jak: receptury, ograniczenia, reżimy technologiczne, ceny oraz dodatkowo skróconego algorytmu prowadzenia naprawy dla danego typu uszkodzenia. W systemie tym wykorzystano wiele narzędzi inteligentnych, których możliwości i funkcje zostaną przybliżone w następnej części.



Rys. 2. Schemat funkcjonowania systemu doradczego dla napraw posadzek przemysłowych

Fig. 2. Schema of working of the advisory system for industrial floors repairs

4. Doświadczenia systemu doradczego w zakresie warsztatu narzędziowego

System zarządzania nawierzchniami przemysłowymi to system inteligentny. Wynika to z modelowanych zagadnień, których charakter jest często indeterministyczny. Technikami, za pomocą których można prowadzić stosunkowo wiernie i szybko takie modelowanie, są techniki sztucznej inteligencji.

Problemy techniczne związane z budową systemu zarządzania na obecnym etapie rozpoznania sprowadzają się do kilku zagadnień:

- metod pozyskiwania i zapisu wiedzy,
- kompatybilności wiedzy i danych w różnej postaci,
- metod prowadzenia wnioskowania.

Rozpoznanie tych problemów stanowi bazę do przyjęcia podobnych rozwiązań w systemie wspomagającym zarządzanie nawierzchniami.

Pierwotnie przyjętym rozwiązaniem w systemie doradczym w celu napraw posadzek przemysłowych była manualna technika pozyskiwania wiedzy – wywiad osobisty w połączeniu z kwestionariuszem papierowym oraz późniejszy zapis regułowy pozyskanej wiedzy.

Rozwiązanie to sprawdziło się przy akceptacji określonych ograniczeń. Pierwszym z nich są straty wiedzy wynikające z tego, że bogaty model mentalny eksperta ulegał stopniowemu zubażaniu w procesie akwizycji wiedzy i późniejszego zapisu. W rzeczywistości pozyskiwany był model werbalny, którego zawartość podlegała jeszcze zubożeniu w procesie zapisu wiedzy w bazie. Drugim ograniczeniem jest czaso- i pracochłonność pozyskiwania wiedzy, konieczność kilkukrotnego angażowania eksperta. Alternatywnym rozwiązaniem w pozyskiwaniu wiedzy są metody zautomatyzowane [1, 6, 15], a wśród nich techniki *data* i *text mining* [2, 9, 13]. Zwłaszcza technika *text mining* jest obiecująca, gdyż w przypadku dużej liczby dokumentów tekstowych pozwala na szybkie uzyskanie pewnych informacji, które mogą być użyte w dalszej analizie. Technika ta jest stosunkowo nowa i dotychczas nie miała szerokiego zastosowania w budownictwie. Jednak duża liczba różnego rodzaju kart technicznych, specyfikacji, instrukcji stwarza możliwości jej wykorzystania. Sama technika *text mining* pozwala na zbudowanie reprezentacji formalnej (macierze: BOW – *bag of words* lub SVD – *singular value decomposition*) dokumentu tekstowego, co w dalszym etapie jest pomocne przy analizie tych dokumentów (metody statystyczne – taksonometryczne, klasyfikacyjne, modele sztucznej inteligencji).

Przykład reprezentacji formalnej dokumentów tekstowych (elementy kart technicznych materiałów naprawczych) uzyskanej za pomocą techniki *text mining* zaprezentowano, natomiast przykładowy rezultat dalszej obróbki w postaci analizy skupień pokazano na rys. 5. Prezentowane przykłady dążą do usprawnienia procesu akwizycji wiedzy na potrzeby budowy zasobów systemu zarządzania. W porównaniu z klasycznymi metodami pozyskiwania wiedzy, np. metoda *text mining* jest szybsza i mniej kłopotliwa. Składa się ona z kilku etapów, spośród których najważniejsze to przygotowanie i sprowadzenie dokumentu do postaci tekstowej, a więc oczyszczenie z wszelkich zbędnych znaków i symboli, sprowadzenie do podstawowych form oraz usunięcie słów nieistotnych (tzw. stop-lista). Ostatni etap to zliczanie słów reprezentujących dany dokument i budowanie tzw. macierzy częstości. Te ze względu na swój pierwotny wymiar wymagają dodatkowej redukcji, którą się najczęściej stosuje. W rezultacie otrzymujemy postać formalną dokumentu tekstowego, którą możemy używać w dalszej analizie. Praktycznie całość tych operacji wykonuje się, wykorzystując przygotowane środowisko i oprogramowanie komputerowe.

Język, jakim się posługuje ekspert, to język naturalny zawierający wartości lingwistyczne, opisowe. W ten sposób przekazuje tzw. model werbalny określonego zjawiska. Jest on oczywiście uboższy niż tzw. model mentalny. W modelowaniu zjawisk najwygodniej operuje się na wartościach ilościowych, ostrych. Tutaj jednak pojawia się problem kompatybilności tych informacji, wiedzy. Uwidocznione to zostało w systemie doradczym dla napraw posadzek przemysłowych [10, 11]. Wiedza pozyskiwana od eksperta zawierała wartości opisowe, lingwistyczne i jednocześnie naturalne. Było to przede wszystkim wygodne do przeprowadzenia procesu akwizycji wiedzy. Problemy pojawiły się w momencie zamiaru wykorzystania tej wiedzy, zapisanej w formie reguł rozmytych, w aparacie wnioskującym (SSN). Sztuczne sieci neuronowe mogą pośrednio operować na wartościach opisowych (klasyfikacyjnych), przy czym takie podejście rozbudowuje ich architekturę. W wyniku zastosowania kodowania jeden z N zwiększeniu ulega liczba neuronów warstwy wejściowej. To powoduje z reguły konieczność zwiększania liczebności zestawów uczących, a ta jest najczęściej słabym ogniwem modelowania.

	Word occurrences in files (SikaPL)				
	agresję	akrylowych	alkalicznego	atmosferyczne	be
1	1	0	0	0	0
2	1	0	1	0	0
3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0
8	1	0	0	0	1
9	1	0	0	0	1
10	0	0	0	0	1
11	0	0	0	0	0

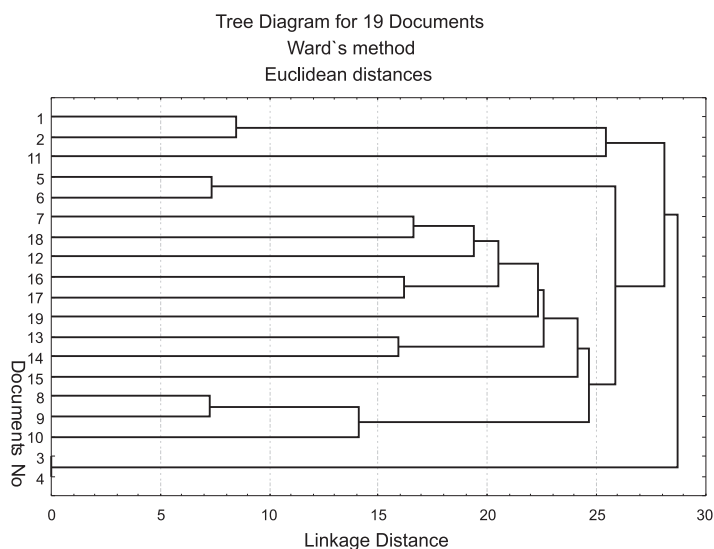
Rys. 3. Macierz częstości (BOW) dla zbioru dokumentów tekstowych (fragment) – karty techniczne materiałów naprawczych

Fig. 3. Frequency (BOW) matrix for text documents (fragment) – technical sheet's for repairs materials

	SVD document scores (SikaPL)			
	Component 1	Component 2	Component 3	Component 4
1	0.177506	0.069397	-0.358954	-0.44
2	0.187124	0.068406	-0.340186	-0.42
3	0.423287	0.134466	-0.243274	0.37
4	0.423287	0.134466	-0.243274	0.37
5	0.211350	-0.119085	0.388097	0.09
6	0.195781	-0.130385	0.396237	0.09
7	0.314950	0.062797	-0.013913	0.25
8	0.333534	0.003830	0.193024	-0.25
9	0.331495	-0.015100	0.250495	-0.27
10	0.337256	-0.035414	0.280805	-0.24
11	0.179605	0.063322	-0.238754	-0.11

Rys. 4. Macierz częstości w wartościach osobliwych (SVD) dla zbioru dokumentów tekstowych (fragment) – karty techniczne materiałów naprawczych

Fig. 4. Frequency (SVD) matrix for text documents (fragment) – technical sheet's for repairs materials



Rys. 5. Analiza skupień - drzewo klasyfikacyjne dla zbioru analizowanych dokumentów tekstowych

Fig. 5. Cluster analysis – hierarchical tree diagram for analyzed text documents

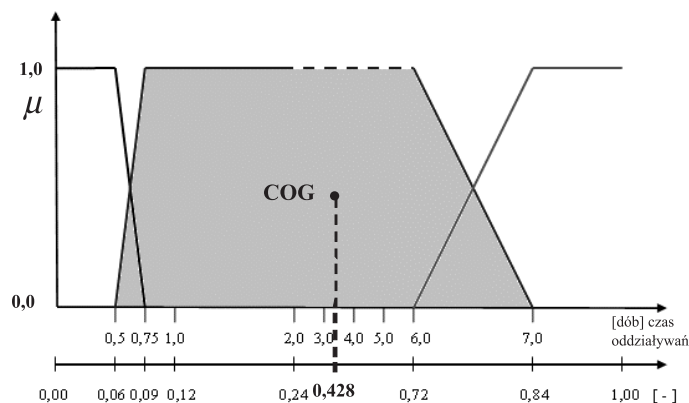
Z pomocą przychodzi teoria zbiorów rozmytych, która oprócz innych rodzajów skalowania, w sposób wierniejszy odwzorowuje opis jakościowy w ilościowy [5]. Dzięki teorii zbiorów rozmytych dokonano transformacji wartości jakościowych na wartości ilościowe. Dotyczyło to bezpośrednio elementów rozmytych reguł bazy wiedzy (tab. 1), a także informacji wejściowych systemu doradczego.

Dosyć istotną sprawą w definiowaniu wartości rozmytych są funkcje przynależności. Mają one bezpośredni wpływ na uzyskiwane wartości ostre. W związku z taką ważnością funkcji przynależności powinny być zdefiniowane przez eksperta. W przeciwnym wypadku konwersja wartości jakościowych w ilościowe może ulegać znacznemu zafalszowaniu. Kwestia kształtu funkcji przynależności jest w zasadzie sprawą umowną, chociaż własne doświadczenia wskazują, że dobrym rozwiązaniem są funkcje intuicyjne oraz funkcje trapezoidalne.

Te ostatnie z racji swojego kształtu zapewniają pewną uniwersalność i dzięki temu wartości opisane przez takie funkcje są stosunkowo mało wrażliwe na dezaktualizację. Dzięki temu, że w funkcjach przynależności eliminujemy ostre wierzchołki, zachowujemy pewien przedział wartości ilościowych odpowiadających pełnej przynależności dla wartości jakościowej. Znane powszechnie mechanizmy (np. metoda środka ciężkości COG – *center of gravity*) pozwalają na uzyskanie konkretnej wartości ostrej z wartości rozmytej. Taka transformacja wartości lingwistycznych pozwala wykorzystywać je w różnego rodzaju modelach.

Transformacja wartości rozmytych w regułach bazy wiedzy systemu doradczego

Przesłanki			Konkluzje		
	wartości rozmyte	wartości ostre (wybrane)		wartości rozmyte	wartości ostre
Głęb_uszkodz	powierzchniowe	A	przydatność rozwiązań (CBD, MNT, SDP, ..., SFR)	przydatne	1,0
Obc_mech	małe	G		nieprzydatne	0,0
Środow_chem	neutralne	J			
Obc_term	niskie	0,125			
Czas_oddział	stałe	0,887			
Temp_aplik	niskie	0,126			
Czas_wykon	długotrwałe	0,874			



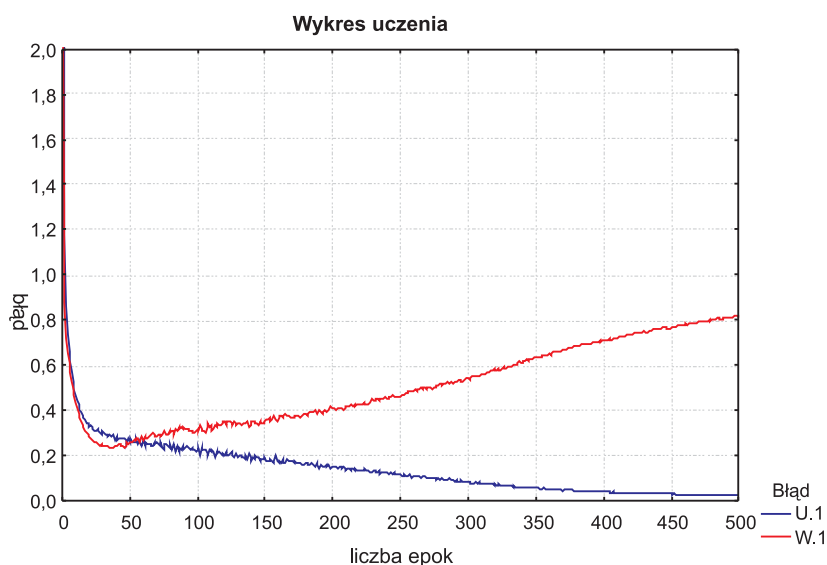
Rys. 6. Proces wyostrzenia (COG) dla wartości rozmytej długotrwałe

Fig. 6. Defuzzification process (COG) for fuzzy variable long-standing

Idea zbiorów rozmytych została wykorzystana we wspomnianym systemie doradczym w jeszcze jednym zadaniu. Jest to dosyć oryginalne ujęcie i związane jest z drugim narzędziem inteligentnym – sieciami neuronowymi. Większość problemów, dotyczących sztucznych sieci neuronowych związana jest z jakością oraz liczebnością przypadków używanych w procesie uczenia oraz weryfikacji sieci. W przypadku analizowanego systemu doradczego taki przypadek również występował. Pierwotna liczba przypadków (wynikająca bezpośrednio z liczby reguł w bazie wiedzy), jakie były do dyspozycji, mogła okazać się niewystarczająca do nauczenia przyjętych struktur sieci neuronowych. W celu zwielokrotnienia tej liczby posłużono się metodą polegającą na przesuwaniu środków ciężkości zbiorów rozmytych i generowaniu dla takich przypadków nowych wartości ostrych. Metoda autorska nie powodowała zakłóceń w znaczeniu pojęć rozmytych, gdyż przesunięcia środków ciężkości, jakie stosowano, mieściły się w zakresie tego samego znaczenia pojęcia rozmytego. Pozwalało na to wcześniejsze przyjęcie koncepcji stosowania funkcji przynależności trapezoidalnych. W rezultacie dokonano potrojenia liczebności przypadków

w takim sensie, że różne wartości ostre reprezentujące poszczególne przesłanki reguły wiedzy dotyczyły tej samej reguły.

W przypadku metod wnioskowania istnieje również pewien podział. Upraszczając, mamy techniki klasyczne (wnioskowanie w przód, wstecz) oraz nowoczesne techniki opierające się m.in. na metodach sztucznej inteligencji. Jedną z nich i doskonale sprawdzoną są sztuczne sieci neuronowe [3]. Mogą one operować zarówno w przypadkach prostych i o znanej naturze, jak i bardzo skomplikowanych. W przypadku budowy systemu doradczego do napraw posadzek przemysłowych właśnie sztuczne sieci neuronowe pełniły funkcję mechanizmu wnioskującego. Idea wykorzystania sztucznych sieci neuronowych polegała na przeniesieniu wiedzy eksperta zawartej w bazie wiedzy do sztucznych sieci neuronowych w procesie uczenia. Zasadniczo najczęściej wykorzystuje się w modelowaniu neuronowym przypadki, dane historyczne. Co zrobić w sytuacji kiedy uzyskanie takich danych jest niemożliwe, albo wiarygodność takich informacji jest niska? Taki dylemat często występuje w zagadnieniach decyzyjnych. Dla analizowanego systemu doradczego wykorzystano wiedzę eksperta, która po wcześniejszej akwizycji została zapisana w formie reguł w bazie wiedzy. To właśnie te reguły stanowiły wzorce, na podstawie których uczono i następnie wstępnie weryfikowano sieć neuronową.



Rys. 7. Wykres uczenia – przykład zjawiska przeuczenia sieci neuronowej (MLP 7:14-12-1:1 500BP)

Fig. 7. Learning graph – a example of ANN over-training (MLP 7:14-12-1:1 500 BP)

Kolejnym etapem było udostępnienie mechanizmu inferencyjnego dla systemu, w którym pojawiały się nowe sygnały pochodzące z dialogu system–użytkownik, na podstawie których sztuczna sieć neuronowa (mechanizm inferencyjny) generowała wnioski. Wykorzystywane sieci neuronowe pracowały w ramach problemów klasyfikacyjnych, gdyż ich wnioski dotyczyły przydatności lub nieprzydatności różnych rozwiązań materiałowo-tech-

nologicznych dla napraw posadzek przemysłowych, zawartych w bazie danych. Wniosek taki uaktywniał pewien zestaw informacji dodatkowych (receptury, reżimy, ograniczenia, koszty, algorytmy napraw) związanych z analizowanym rozwiązaniem. Problemy, jakie pojawiły się w modelowaniu neuronowym związanym z funkcjonowaniem mechanizmu inferencyjnego, były typowe dla sztucznych sieci neuronowych, tj. dobór rodzaju, architektury i algorytmów uczących sieci, określenie wystarczającej liczby zestawów uczących oraz problemy związane już z samym procesem uczenia – minima lokalne, zjawiska przecuczenia. Przykłady analizy tych zjawisk pokazano rys. 7.

Ostatecznie w ramach mechanizmu inferencyjnego przyjęto zespół sieci perceptronowych o różnych architekturach, z których każda odpowiadała jednemu rozwiązaniu materiałowemu. Wynikało to z wcześniejszych analiz i doświadczeń z sieciami o znacznie rozbudowanej architekturze, związanej z całą bazą materiałową, dla której liczba zestawów uczących okazała się zbyt mała. To prowadziło do wymienionych wcześniej problemów występujących na etapie procesu uczenia.

5. Wnioski

Zasadniczą treścią problemową jest zarządzanie nawierzchniami przemysłowymi. Ich ważność dla funkcjonowania obiektu i często dla funkcjonowania samego przedsiębiorstwa powoduje, że proces zarządzania warto wesprzeć systemem zarządzania. W związku z tym idea budowy systemu zarządzania nawierzchniami przemysłowymi wydaje się być słuszna. Zaproponowany system ma budowę modułową, z których każdy moduł jest związany z wypracowywaniem określonej decyzji. Moduły te operują w trzech aspektach zarządzania: technicznym, ekonomicznym i społecznym. Połączenie tych trzech aspektów stwarza możliwość pełniejszego ujęcia rzeczywistych uwarunkowań. Obecne prace zmierzają do dokładniejszego rozpoznania tych aspektów oraz powiązań między nimi. Jest to dosyć trudne, gdyż decyzje związane z nimi i mechanizmy ich wypracowywania mają często charakter indeterministyczny.

Wspomniany system zarządzania jest na obecnym etapie analizy koncepcją. Opracowany dotychczas system doradczy dla napraw posadzek przemysłowych może stanowić jeden z modułów systemu zarządzania w randze subsystemu. Dotychczasowe doświadczenia z tym systemem wskazują na kilka zagadnień metodologicznych, które wymagają dogłębnego rozpoznania i zastosowania skutecznych rozwiązań. Tymi skutecznymi rozwiązaniami mogą być zaprezentowane narzędzia z grupy metod inteligentnych. Pomimo że są to często rozwiązania sprzed kilkudziesięciu lat, to teraz, od kilku lat widoczny jest powrót do nich i dalszy ich rozwój, który zmierza w stronę hybryd, a więc tworów składających się z kilku mogących funkcjonować samodzielnie narzędzi. Takie podejście stwarza możliwości indywidualnego dostrajania tworzonego systemu do charakteru i specyfiki modelowanego zjawiska.

Literatura

- [1] Baborski A., *Pozyskiwanie wiedzy z baz danych*, Materiały konferencji Katedry Systemów Sztucznej Inteligencji Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu, Turawa, 19-21.05.2000.
- [2] Berry M.J., Linoff G.S., *Mastering Data Mining*, Willey & Sons, New York 2000.
- [3] Białko M., *Podstawowe właściwości sieci neuronowych i hybrydowych systemów ekspertowych*, Wyd. Uczelniane Politechniki Koszalińskiej, Koszalin 2000.
- [4] Chen J., Hsu S., *Hybrid ANN-CBR model for disputed change orders in construction project*, Automation in Construction, Vol. 17, No. 1, 2007/1, 56-64.
- [5] Chocjan J., Łęski J., *Zbiory rozmyte i ich zastosowania*, Wyd. Politechniki Śląskiej, Gliwice 2001.
- [6] Cholewa W., Pedrycz W., *Systemy doradcze*, Wyd. Politechniki Śląskiej, Gliwice 1987.
- [7] Czarniecki L., Rydz Z., *Przegląd posadzek przemysłowych*, Materiały Budowlane, 9/2000, 2-6.
- [8] Eddy D., *Industrial flooring in Europe*, Concrete Engineering International, Vol. 9, 12/2005.
- [9] Feldman R., *Text mining handbook*, Cambridge University Press, 2006.
- [10] Gajzler M., *Hybrid advisory systems and the possibilities of its usage in the process of industrial flooring repairs*, Proceedings of the 25th International Symposium on Automation and Robotics in Construction ISARC-2008, Vilnius Technika, 459-464.
- [11] Gajzler M., *Hybrydowy system doradczy dla napraw betonowych posadzek przemysłowych*, rozprawa doktorska, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Politechnika Poznańska, Poznań 2008.
- [12] Goonatilake S., *Intelligent hybrid systems for financial decision making*, Proceedings of the 1995 ACM Symposium on Applied Computing, Nashville (USA) 1995, 471-476.
- [13] Haerst M.A., *Untangling text data mining*, Proceedings of ACL'99, University of Maryland, June 20-26, 1999.
<http://www.sims.berkeley.edu/~haerst/papers/ac199/ac199-tdm.html>.
- [14] Mierzwa J., *Klasyfikacja i projektowanie podłóg przemysłowych na gruncie*, Mat. Konf. Seminarium naukowo-techniczne Podłogi Przemysłowe 25.X.2007, Warszawa 2007.
- [15] Moczulski W.A., *Diagnostyka techniczna metody pozyskiwania wiedzy*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2002.
- [16] Pedrycz W., *Fuzzy multimodels*, IEEE Transactions on Fuzzy Systems, Vol. 4, No. 1.
- [17] Seidler P., *Zur Zukunft der Industrieboden*, Proceedings of Conf. Industrial Floors'99, 12-16.01.1999, 139-148.
- [18] Supernat J., *Techniki decyzyjne i organizatorskie*, Kolonia Limited, Wrocław 2003.
- [19] Turban E., *Decision Support and Expert Systems: Management Support Systems*, Macmillan, New York 1993.
- [20] Witkowska D., *Metody wspomagające podejmowanie decyzji w zarządzaniu*, Wydawnictwo Menadżer, Łódź 2000.

- [21] Zavadskas E., Kapliński O., Kaklauskas A., Brzeziński J., *Expert systems in construction industry. Trends, potential & applications*, Technika, Vilnius 1995.
- [22] Żenczykowski W., *Budownictwo ogólne. Fizyka budowli, izolacje, roboty wykończeniowe, konstrukcje pneumatyczne*, Arkady, Warszawa 1970.