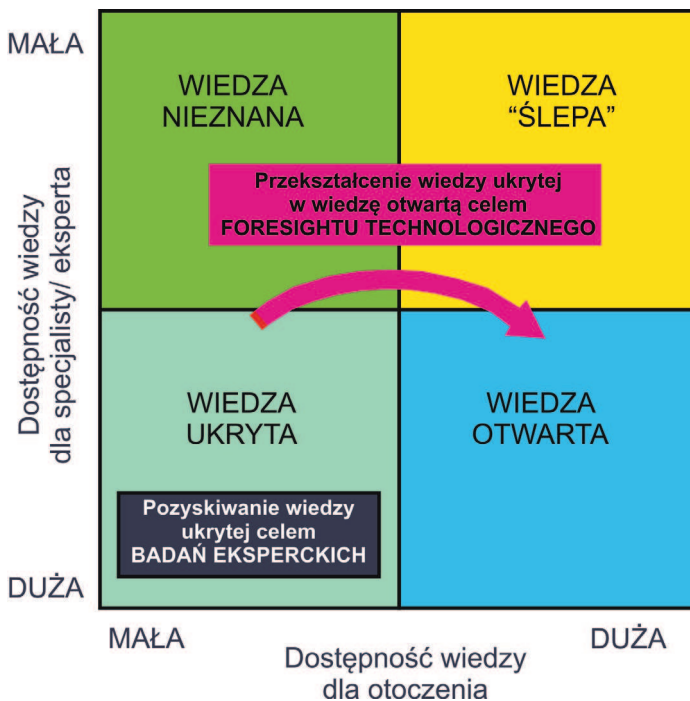


4. Oryginalne metody i narzędzia analityczne składające się na metodologię komputerowo zintegrowanego prognozowania rozwoju inżynierii powierzchni materiałów

Opisana w rozdziale 3 rozprawy interdyscyplinarna metodyka badań własnych wykonanych w obszarze inżynierii materiałowej (podrozdział 3.3), foresightu technologicznego (podrozdział 3.4) i technologii informacyjnej (podrozdział 3.5) tworzy zbiór oryginalnie zestawionych metod, stosowanych w poszczególnych wymienionych obszarach wiedzy, których użycie było celowe i konieczne dla osiągnięcia pośrednich wyników badań materiałoznawczych, eksperckich i informatycznych, stanowiących pierwotne dane źródłowe wykorzystane na dalszych etapach badań, wykonanych z użyciem oryginalnej koncepcji metodologicznej, której opracowanie, weryfikacja doświadczalna i udostępnienie decyduje o wartości naukowej niniejszej pracy. Koncepcja ta pozwala przekształcić z natury rzeczy trudno mierzalną ukrytą wiedzę ekspercką w wiedzę jawną dostępną otoczeniu (rys. 17), wyrażoną ilościowo z użyciem inżynierskich narzędzi analitycznych.

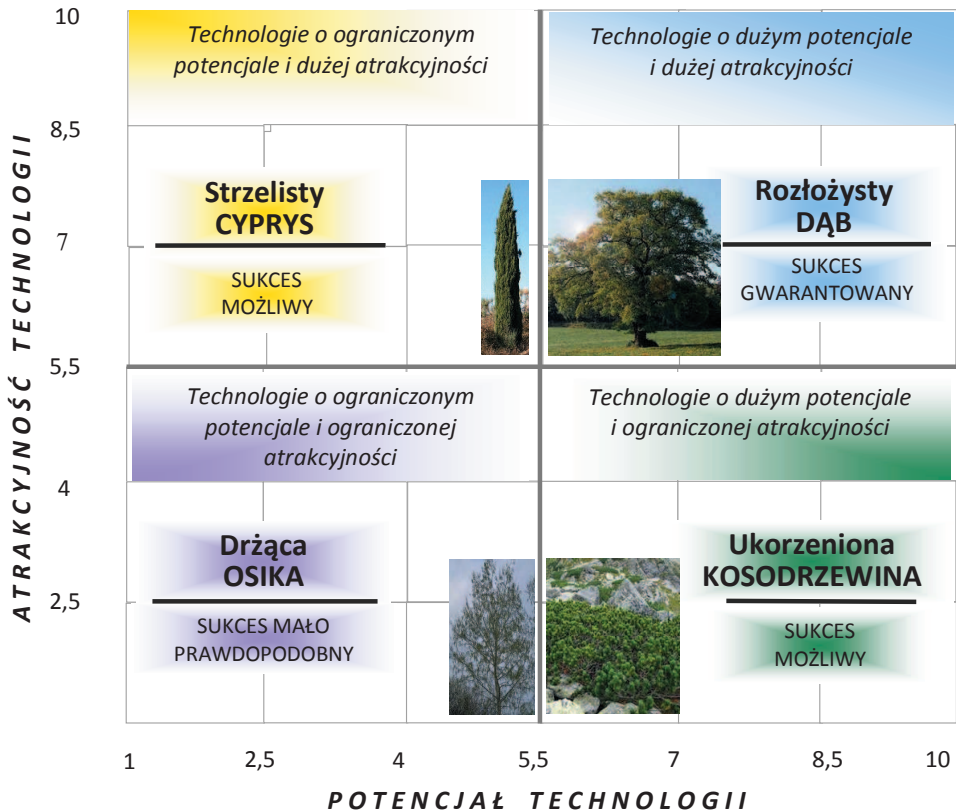


Rysunek 17. Macierz dostępności wiedzy

4.1. Macierze kontekstowe

W celu przeprowadzenia badań materiałoznawczo-heurystycznych należy w pierwszej kolejności wyodrębnić spośród analizowanych technologii kilka homogenicznych grup, aby poddać je planowanym badaniom o charakterze eksperymentalno-porównawczym. Do określenia zobiektywizowanych wartości poszczególnych wyodrębnionych technologii lub ich grup zastosowano dendrologiczną macierz wartości technologii, a do określenia intensywności pozytywnego i negatywnego oddziaływania mikro- i makrootoczenia na dane technologie – meteorologiczną macierz oddziaływania otoczenia. Konstrukcja metodologiczna obu tych macierzy odwołuje się do znanych powszechnie w naukach o zarządzaniu metod portfelowych [303-306], służących charakterystyce portfela produktów oferowanych klientowi przez przedsiębiorstwo, pozwalających na graficzną prezentację wyników analizy porównawczej przeprowadzonej na podstawie dwóch kryteriów/ czynników umieszczonych odpowiednio na poziomej i pionowej osi macierzy. Najsłynniejsza tego rodzaju macierz *Boston Consulting Group* – BCG [307] zawdzięcza swoją niebywałą popularność odwołaniu do prostych skojarzeń i intuicyjnego wnioskowania, co stało się inspiracją podczas tworzenia założeń metodologicznych macierzy dendrologicznej i meteorologicznej. Do oceny poszczególnych grup technologii, pod kątem ich wartości i siły oddziaływania otoczenia, użyto jednobiegunowej skali dodatniej bez zera, zwanej uniwersalną skalą stanów względnych, gdzie 1 jest oceną minimalną, a 10 – wybitnie wysoką, fazy cyklu życia określono natomiast zgodnie z kompatybilną z nią, dziesięciopunktową skalą oceny fazy cyklu życia technologii, co szerzej opisano i przedstawiono graficznie w podrozdziale 3.2 niniejszej pracy.

Dendrologiczna macierz wartości technologii (rys. 18) przedstawia graficznie wyniki oceny poszczególnych grup technologii pod kątem ich potencjału, stanowiącego rzeczywistą obiektywną wartość danej technologii i atrakcyjności, odzwierciedlającej subiektywne postrzeganie danej technologii wśród jej potencjalnych użytkowników. Potencjał danej grupy technologii, wyrażony za pomocą dziesięciostopniowej uniwersalnej skali stanów względnych, naniesiony na oś poziomą macierzy dendrologicznej jest wynikiem analizy wielokryterialnej przeprowadzonej na podstawie oceny eksperckiej, uwzględniającej w odpowiednich proporcjach potencjał: kreacyjny, aplikacyjny, jakościowy, rozwojowy i techniczny. Na oś pionową macierzy dendrologicznej został natomiast naniesiony poziom atrakcyjności danej grupy technologii, będący średnią ważoną oceny eksperckiej dokonanej na podstawie kryteriów

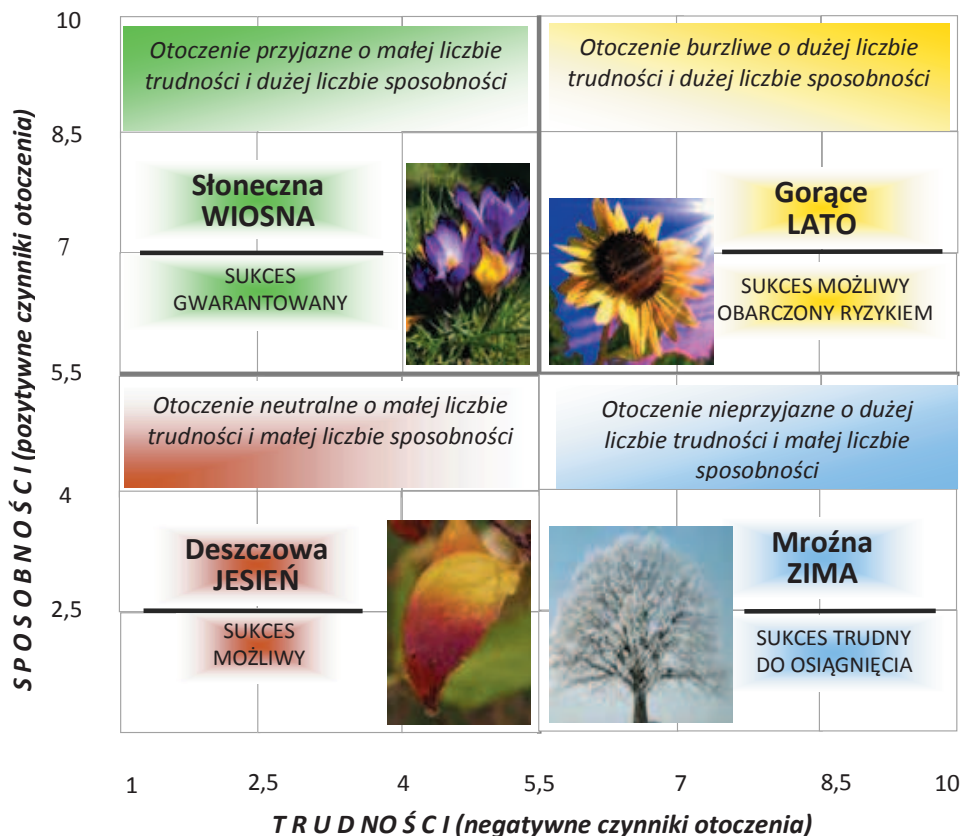


Rysunek 18. Dendrologiczna macierz wartości technologii; prezentacja podejścia [181, 184, 185]

szczegółowych odpowiadających atrakcyjności gospodarczej, ekonomicznej, humanistycznej, przyrodniczej i systemowej. W zależności od wartości potencjału i poziomu atrakcyjności, które określono w ramach oceny eksperckiej, każdą z analizowanych technologii umieszczono w jednej z ćwiartek macierzy.

W dendrologicznej macierzy wartości technologii wyróżniono następujące ćwiartki:

- **Drżąca osika** jest technologią słabą o ograniczonym potencjale, zawierającym się w przedziale $\langle 1; 5,5 \rangle$ oraz ograniczonej atrakcyjności z przedziału $\langle 1; 5,5 \rangle$, której przyszły sukces jest mało prawdopodobny.
- **Strzelisty cyprys** oznacza technologię o ograniczonym potencjale z przedziału $\langle 1; 5,5 \rangle$, lecz dużej atrakcyjności, zawierającej się w przedziale $\langle 5,5; 10 \rangle$, przez co sukces danej technologii jest możliwy.



Rysunek 19. Meteorologiczna macierz oddziaływania otoczenia; prezentacja podejścia [181, 184, 185]

- **Ukorzeniona kosodrzewina** odpowiada technologii o ograniczonej atrakcyjności z przedziału $\langle 1; 5,5 \rangle$, lecz dużym potencjale, zawierającym się w przedziale $(5,5; 10)$, dzięki czemu jej przyszły sukces jest wysoce prawdopodobny.
- **Rozłożysty dąb** oznacza najlepszą możliwą sytuację, w której analizowana technologia charakteryzuje się zarówno dużym potencjałem zawartym w przedziale $(5,5; 10)$, jak i dużą atrakcyjnością z przedziału $\langle 5,5; 10 \rangle$, który to mariaż stanowi gwarant przyszłego sukcesu.

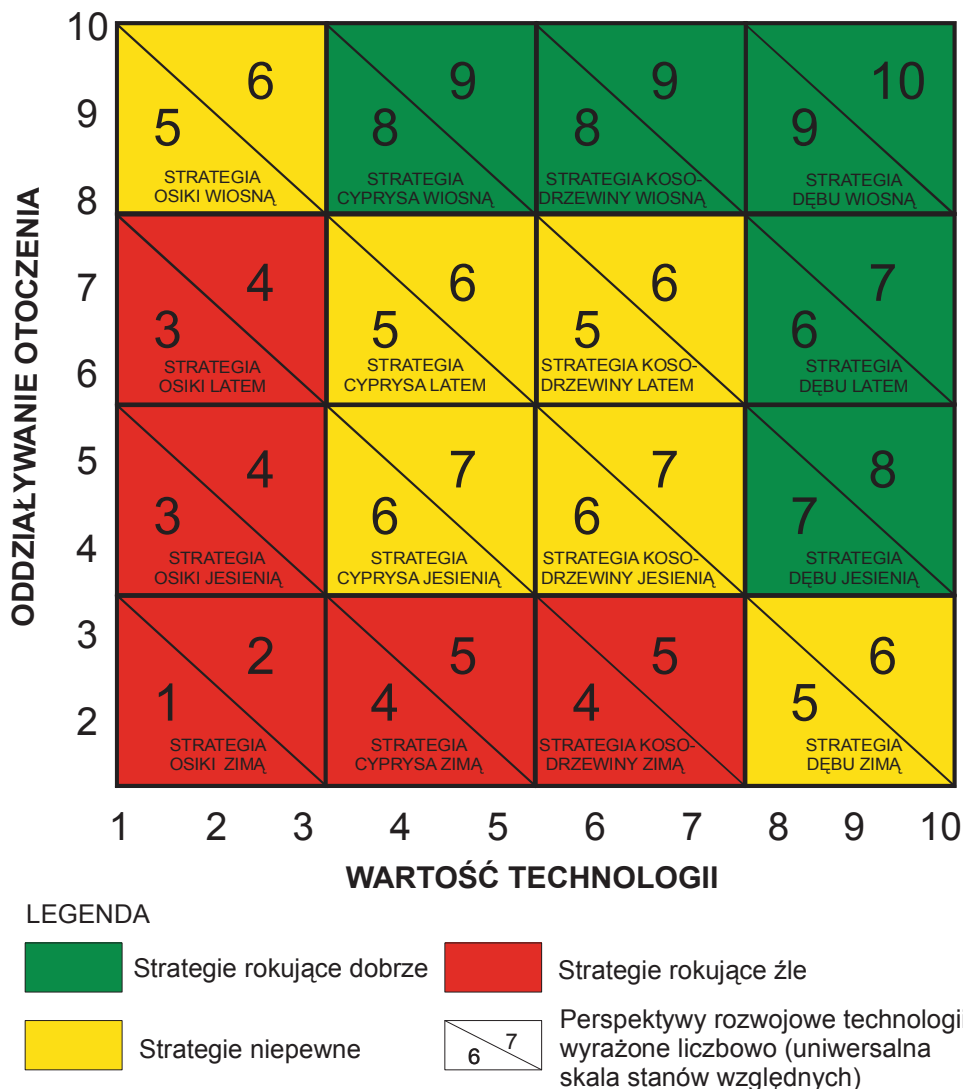
Meteorologiczna macierz oddziaływania otoczenia (rys. 19) przedstawia graficznie wyniki oceny wpływu czynników zewnętrznych na poszczególne grupy technologii, które zostały podzielone na trudności oddziałujące negatywnie i sposobności wpływające pozytywnie na analizowane technologie. Badanie opinii ekspertów na temat pozytywnych i negatywnych czynników oddziałujących na dane technologie odbyło się z wykorzystaniem

kwestionariusza ankietowego złożonego z kilkudziesięciu pytań dotyczących mikro- i makro-otoczenia, z podziałem na otoczenie społeczne, technologiczne, ekonomiczne, ekologiczne oraz polityczne i prawne, w ściśle określonych proporcjach. Trudności zewnętrzne wyrażone z wykorzystaniem dziesięciostopniowej uniwersalnej skali stanów względnych, będące wynikiem analizy wielokryterialnej przeprowadzonej na podstawie oceny eksperckiej, zostały naniesione na oś poziomą macierzy meteorologicznej. Na oś pionową tej macierzy naniesiono natomiast sposobności, czyli pozytywne czynniki oddziaływania otoczenia, będące średnią ważoną oceny eksperckiej dokonanej na podstawie kryteriów szczegółowych. W zależności od określonego, w ramach oceny eksperckiej w dziesięciopunktowej skali, poziomu oddziaływania pozytywnych i negatywnych czynników otoczenia na analizowane technologie, każdą z nich umieszczono w jednej z ćwiartek macierzy.

W meteorologicznej macierzy wartości technologii wyróżniono następujące ćwiartki:

- **Mroźna zima** odpowiada najgorszej możliwej sytuacji, w której otoczenie sprawia dużą liczbę trudności, zawierających się w przedziale (5,5; 10) i niewielką liczbę sposobności z przedziału $\langle 1; 5,5 \rangle$, co powoduje, że sukces w danym otoczeniu jest trudny bądź niemożliwy do osiągnięcia.
- **Upalne lato** odzwierciedla sytuację, w której otoczenie niesie dużo sposobności, zawierających się w przedziale (5,5; 10), lecz towarzyszy im także dużo trudności z przedziału (5,5; 10), co powoduje, że sukces technologii w danych warunkach jest możliwy, lecz obarczony ryzykiem.
- **Deszczowa jesień** obrazuje sytuację neutralną, w której na daną technologię nie czyhają pułapki, co odpowiada przedziałowi $\langle 1; 5,5 \rangle$, lecz także otoczenie nie stwarza zbyt wielu sposobności, co odpowiada przedziałowi $\langle 1; 5,5 \rangle$.
- **Słoneczna wiosna** jest najlepszym z możliwych wariantów, ponieważ oznacza otoczenie przyjazne o dużej liczbie sposobności z przedziału (5,5; 10) i małej liczbie trudności, zawierających się w przedziale $\langle 1; 5,5 \rangle$, co powoduje, że sukces danej technologii w tak dobrych warunkach jest gwarantowany.

Na kolejnym etapie prac badawczych wyniki badań przedstawione w postaci graficznej za pomocą dentrologicznej macierzy wartości technologii i meteorologicznej macierzy oddziaływania otoczenia zostały naniesione na **macierz strategii dla technologii** [184]. Macierz ta składa się z szesnastu pól odpowiadających poszczególnym wariantom, wynikającym



Rysunek 20. Ogólna postać macierzy strategii dla technologii [95]

z kompletu kombinacji czterech rodzajów technologii z czterema rodzajami otoczenia. Macierz strategii dla technologii w postaci ogólnej (rys. 20) przedstawia graficznie miejsce technologii, z uwzględnieniem jej wartości i siły oddziaływania otoczenia wyrażonych w dziesięciostopniowej uniwersalnej skali stanów względnych oraz wskazuje strategię postępowania, jaką powinno się przyjąć w odniesieniu do danej technologii, wzięwszy pod uwagę analizowane wcześniej czynniki. Macierz strategii dla technologii w postaci szczegółowej przedstawiona

na rysunku 21 zawiera w poszczególnych polach krótki opis postępowania zalecanego w przypadku, gdy dana technologia o określonej wartości znajdzie się w otoczeniu charakteryzującym się określonymi sposobnościami i trudnościami.

W celu umożliwienia przeniesienia konkretnych wartości liczbowych z czteropolowych macierzy dendrologicznej i meteorologicznej do szesnastopolowej macierzy strategii dla technologii sformułowano zależności matematyczne, pozwalające na przeskalowanie i zobiektywizowanie wyników badań, a na ich podstawie opracowano program komputerowy umożliwiający szybkie obliczenie szukanych wartości i wygenerowanie macierzy strategii dla technologii w formie graficznej. Wprowadzono zatem pojęcia: względnej wartości technologii V_n i względnej wartości oddziaływania otoczenia E_n . Z wykorzystaniem zależności matematycznych, które w uogólnionej uproszczonej wersji wyraża układ równań (1) [184], możliwe staje się dokonanie obliczeń szczegółowych i ich wizualizacji z zastosowaniem macierzy strategii dla technologii (rys. 20 i 21).

$$\begin{cases} V_n' = c + \left(\frac{d-c}{b-a}\right)(V_n - a) \\ E_n' = c + \left(\frac{d-c}{b-a}\right)(E_n - a) \end{cases} \quad (1)$$

gdzie:

a – wartość minimalna w macierzy dendrologicznej i meteorologicznej,

b – wartość maksymalna w macierzy dendrologicznej i meteorologicznej,

c – wartość minimalna w macierzy strategii dla technologii,

d – wartość maksymalna w macierzy strategii dla technologii,

V_n' – względna wartość technologii w macierzy strategii dla technologii,

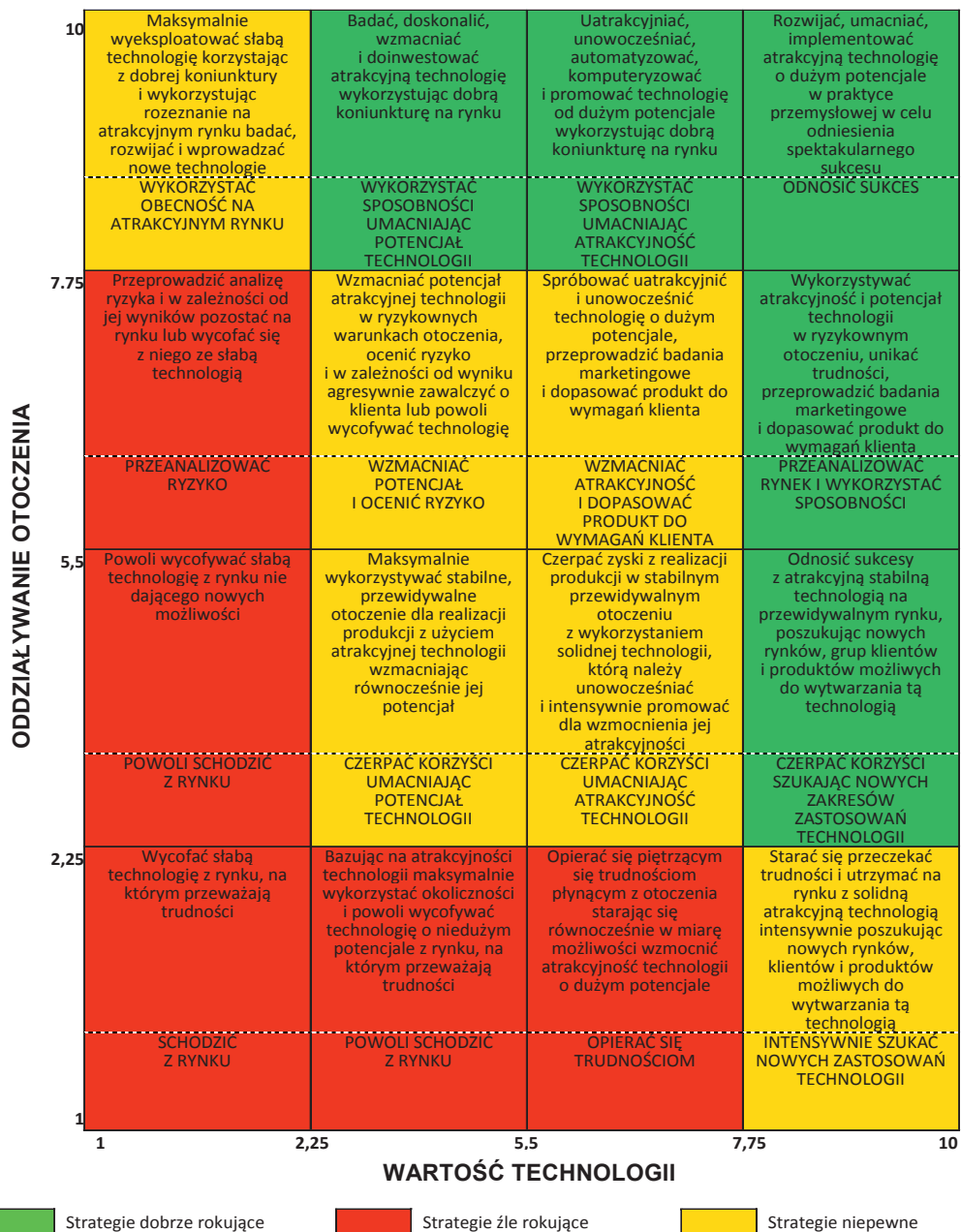
V_n – względna wartość technologii w macierzy dendrologicznej i meteorologicznej,

E_n' – względna wartość oddziaływania otoczenia w macierzy strategii dla technologii,

E_n – względna wartość oddziaływania otoczenia w macierzy dendrologicznej i meteorologicznej,

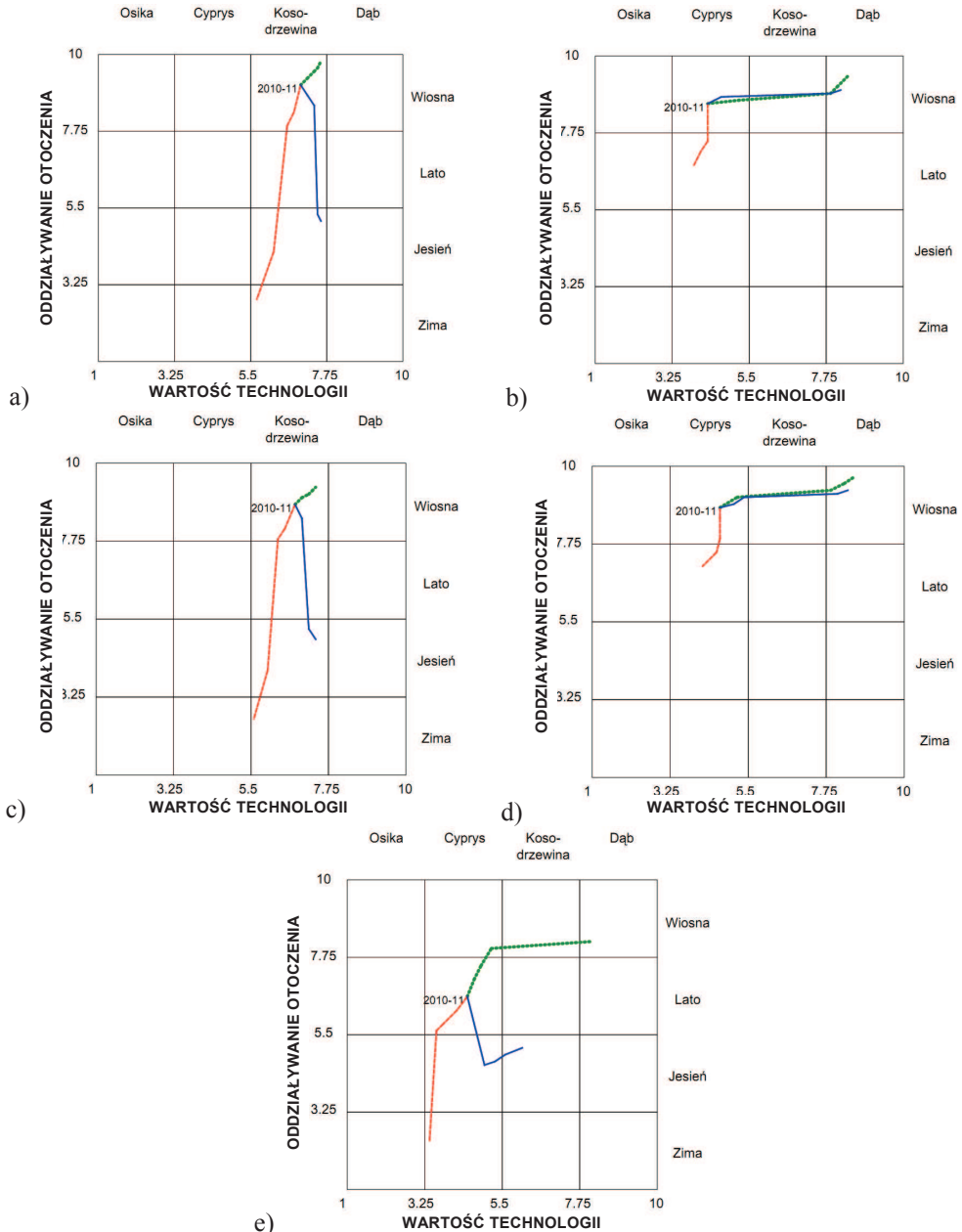
n – symbol alfanumeryczny danej technologii/ grupy technologii, $n \in \{A, B, \dots, Z\}$.

Współrzędne punktów odzwierciedlających ocenę ekspercką wartości technologii naniesione na macierz dendrologiczną oznaczono górnym indeksem d , punktów odpowiadających intensywności oddziaływania otoczenia naniesionych na macierz meteorologiczną górnym indeksem m , natomiast punkty naniesione na macierz strategii dla technologii, określające



Rysunek 21. Szczegółowa postać macierzy strategii dla technologii [184]

pozycje strategiczne poszczególnych technologii, mają górny indeks s. Dolne indeksy punktów informują, do jakiej grupy technologii szczegółowych (S1-S8) lub obszaru tematycznego



Warianty ścieżek rozwoju strategicznego:

..... Optymistyczny — Neutralny — Pesymistyczny

Rysunek 22. Ścieżki rozwoju strategicznego dotyczące (a) wylądowań koronowych oraz obróbki: (b) plazmą niskotemperaturową przez generator znajdujący się poza strefą modyfikowania, (c) plazmą niskotemperaturową w warunkach obniżonego ciśnienia, (d) światłem laserowym, (e) wysokoenergetycznym promieniowaniem jonowym [98]

(M1-M7, P1-P7) należy analizowana technologia lub grupa technologii. Wprowadzenie indeksów pozwala na zbiorcze zestawienie wyników badań i analizę porównawczą wszystkich technologii, niezależnie do jakiej grupy czy obszaru zostały one pierwotnie zakwalifikowane.

Ścieżki rozwoju strategicznego stanowią wielowariantową prognozę rozwoju poszczególnych technologii lub ich grup, w odniesieniu do interwałów czasowych odpowiadających sytuacji kolejno w latach: 2015, 2020, 2025 i 2030. Ścieżki rozwoju strategicznego, naniesione na macierz strategii dla technologii, prezentują optymistyczny, neutralny i pesymistyczny wariant wydarzeń, zależny zarówno od czynników wewnętrznych, uwzględniających potencjał stanowiący obiektywną wartość technologii i atrakcyjność, będącą odzwierciedleniem subiektywnego jej postrzegania przez potencjalnych użytkowników, jak i czynników zewnętrznych (pozytywnych i negatywnych), płynących z otoczenia. Przykładowe ścieżki rozwoju strategicznego sporządzone dla wybranych technologii modyfikacji polimerowych warstw wierzchnich przedstawiono na rysunku 22.

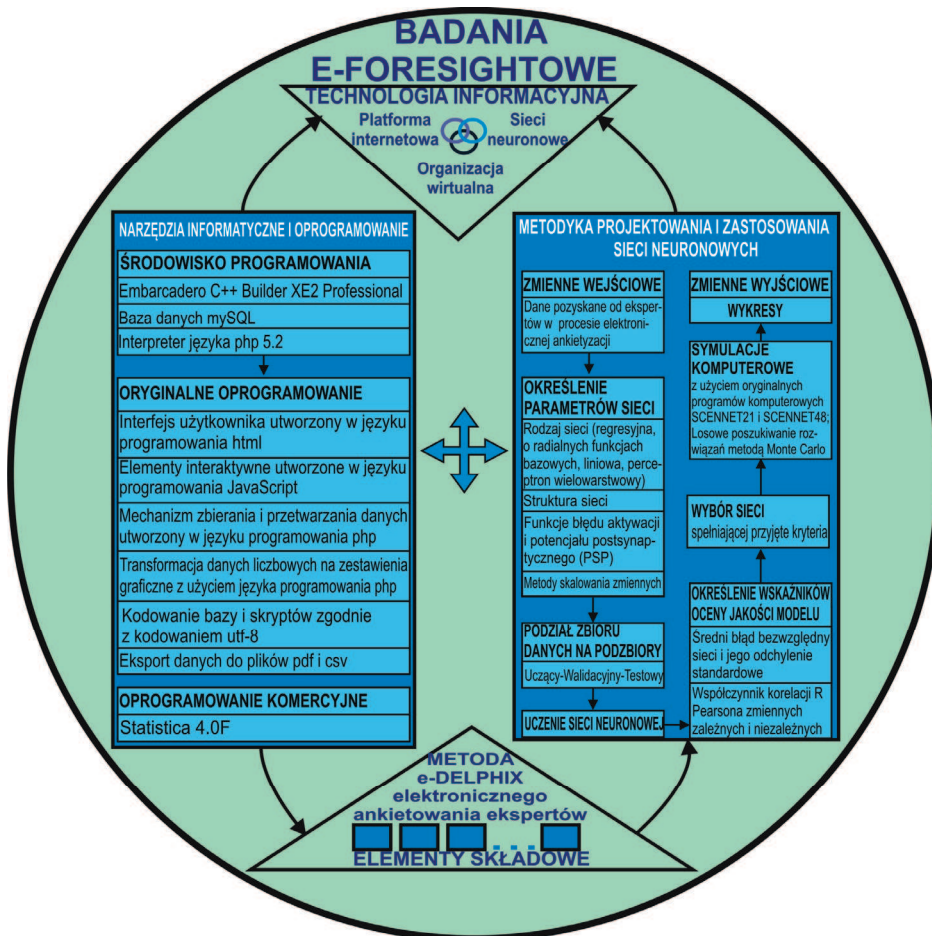
4.2. E-foresight i metoda e-Delphix

E-foresight (ang.: *electronic foresight*) jest procesem badań foresightowych, prowadzonych w celu określenia priorytetowych innowacyjnych technologii oraz kierunków rozwoju strategicznego w odniesieniu do danego obszaru badawczego, z wykorzystaniem Internetu. Wprowadzona przez Autorkę niniejszej pracy koncepcja e-foresightu [180], nawiązująca do znanych już i powszechnie używanych pojęć: e-zarządzanie, e-biznes, e-handel, e-bankowość, e-logistyka, e-usługi, e-administracja, e-edukacja [160, 320, 321], powstała podczas praktycznej realizacji badań foresightowych dotyczących inżynierii powierzchni materiałów, jako efekt naukowych poszukiwań służących uporządkowaniu, usprawnieniu i unowocześnieniu procesu prowadzonych badań foresightowych. Głównym motorem wprowadzania usprawnień była szeroka skala zaplanowanych do realizacji badań obejmujących trzy iteracje badań eksperckich, prowadzonych równolegle w odniesieniu do 14 obszarów tematycznych na różnych poziomach szczegółowości (mikro, mezo i makro) z udziałem blisko 400 ekspertów, którzy wypełnili ogółem ok. 800 wielopytaniowych kwestionariuszy ankietowych [159]. Pojawiła się zatem uzasadniona konieczność opracowania technologii informacyjnej, wspomagającej realizację tak skomplikowanych wielotorowych i wielopoziomowych badań.

Realizacja **badania e-foresightowych** wymagała utworzenia oryginalnego systemu komputerowego, który bazuje na platformie internetowej i organizacji wirtualnej, umożliwiając przede wszystkim prowadzenie badań ankietowych *on-line* z użyciem metody e-Delphix wraz z elastycznym modułem wprowadzania kolejnych kwestionariuszy ankietowych do systemu, lecz także generowanie wyników badań w postaci różnorodnych zestawień tabelarycznych, liczbowych i graficznych oraz tworzenie, modyfikowanie i zarządzanie bazą danych o ekspertach z uwzględnieniem elektronicznej korespondencji i rozliczeń finansowych.

W celu określenia, w jaki sposób prawdopodobieństwo zajścia poszczególnych alternatywnych makroscenariuszy przyszłych wydarzeń jest zależne od trendów rozwojowych poszczególnych obszarów tematycznych i kluczowych mezoczynniki inżynierii powierzchni materiałów, utworzono dwa programy komputerowe odpowiednio SCENNET21 i SCENNET48, do których jako funkcje dołączono sztuczne sieci neuronowe, zaprojektowane z użyciem komercyjnego oprogramowania *Statistica 4.0F*. Wyniki badań eksperckich przeprowadzonych metodą e-Delphix stanowiły dane wejściowe do sieci, podzielone na zbiory: testowy, walidacyjny i uczący. Utworzone programy komputerowe umożliwiły losowe poszukiwanie rozwiązania suboptymalnego z użyciem metody Monte Carlo, interpretację wyników badań i ich graficzną prezentację w postaci wykresów. Prezentowane podejście wykorzystujące sztuczne sieci neuronowe do kreowania alternatywnych scenariuszy wydarzeń jest nowatorskie i eksperymentalne, nieopisane jak dotąd w literaturze przedmiotu. Schemat wykonanych badań e-foresightowych z uwzględnieniem zastosowanej technologii informacyjnej, narzędzi informatycznych i oprogramowania, metody e-Delphix oraz metodyki projektowania i zastosowania w badaniach sieci neuronowych przedstawiono na rysunku 23.

Proces e-foresightu, z uwzględnieniem: technologii informacyjnej, stanowiącej podstawę techniczną konieczną do realizacji właściwych badań; rodzajów działań służących realizacji badań prognozowania rozwoju inżynierii powierzchni materiałów; oczekiwanych rezultatów badań i sposobów ich implementacji w rzeczywistości gospodarczej oraz wytyczonych celów strategicznych przedstawiono na rysunku 24. Należy również zwrócić uwagę na rozmieszczenie wymienionych elementów na skali czasu oraz na nieustanne oddziaływanie czynników o charakterze mezo- i makroekonomicznym na przebieg wydarzeń. E-foresight ukierunkowany jest na wspomaganie działalności dwóch grup beneficjentów. Pierwszą grupę stanowi zespół wykonawców badań e-foresightowych, którzy mogą pracować w dowolnym czasie i miejscu, co w połączeniu z *teleworkingiem* przyczynia się do wyrównania szans na rynku pracy,

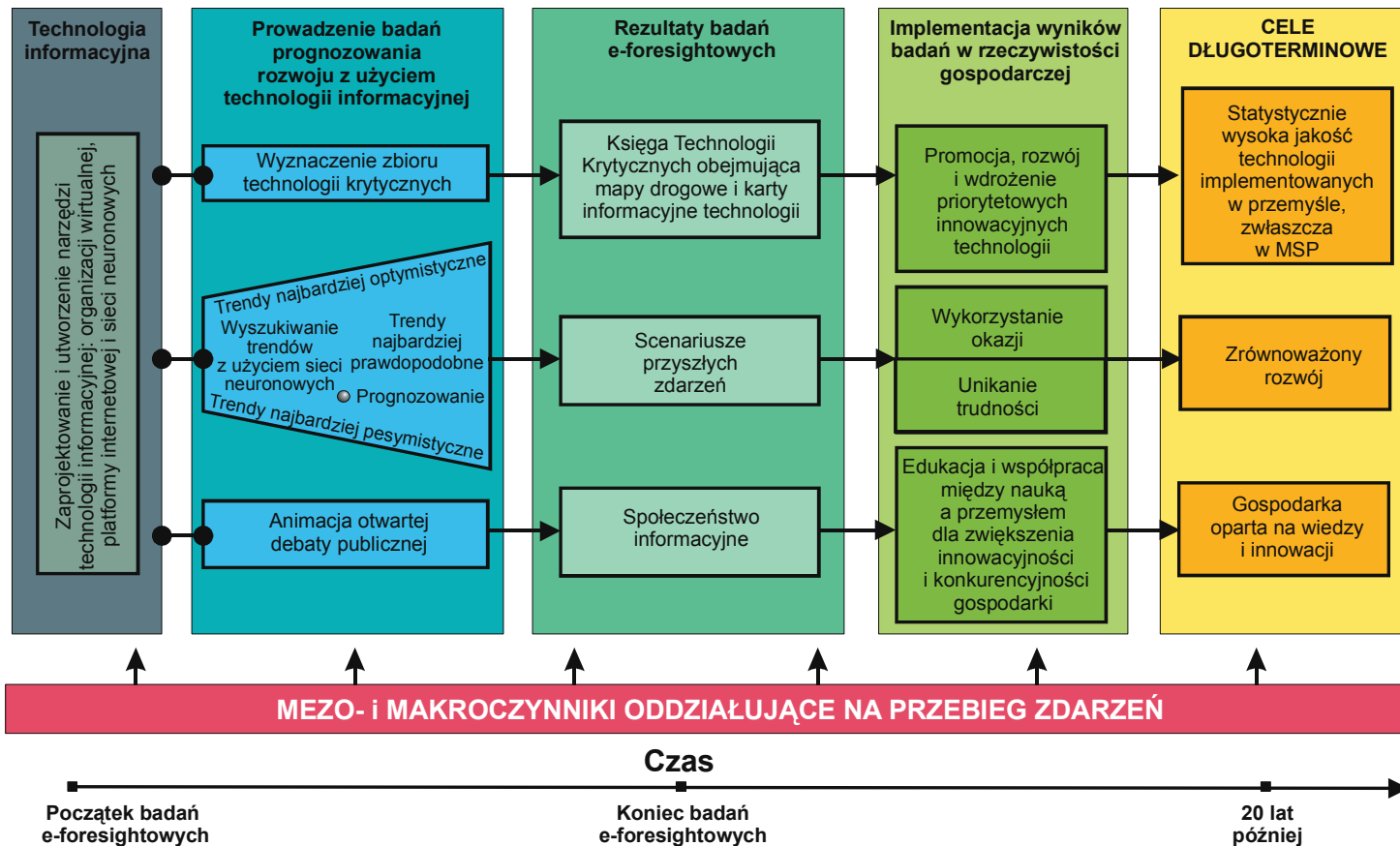


Rysunek 23. Schemat badań e-foresightowych

umożliwiający powoływanie w skład zespołu badawczego osób pracujących w domu, w tym matek wychowujących małe dzieci i osób niepełnosprawnych, co występowało w toku badań. Drugą grupą beneficjentów są eksperci branżowi, bezpośredni uczestnicy prowadzonych badań ankietowych, wyłonieni ze środowiska naukowego, biznesowego i administracji publicznej, którzy zgodnie z najnowocześniejszymi światowymi trendami mogą uczestniczyć w badaniach ankietowych w najbardziej dogodnym dla siebie czasie i miejscu, co przyczynia się do szybszego, sprawniejszego, bardziej efektywnego pozyskania wyników badań pośrednich i końcowych. Dodatkową korzyścią jest wyeliminowanie niepożądanego zjawiska psychospołecznego, nazwanego przez Autorkę niniejszej pracy *efektem szpanera*, polegającego na tym, że ludzie podczas bezpośredniego spotkania, z założenia służącego wymianie poglądów

Proces e-foresightu technologicznego

KOMPUTEROWE WSPOMAGANIE, NAUKOWE PRZEWIDYWANIE, KSZTAŁTOWANIE I ZARZĄDZANIE PRZYSZŁOŚCIĄ



Rysunek 24. Proces e-foresightu [161, 180]

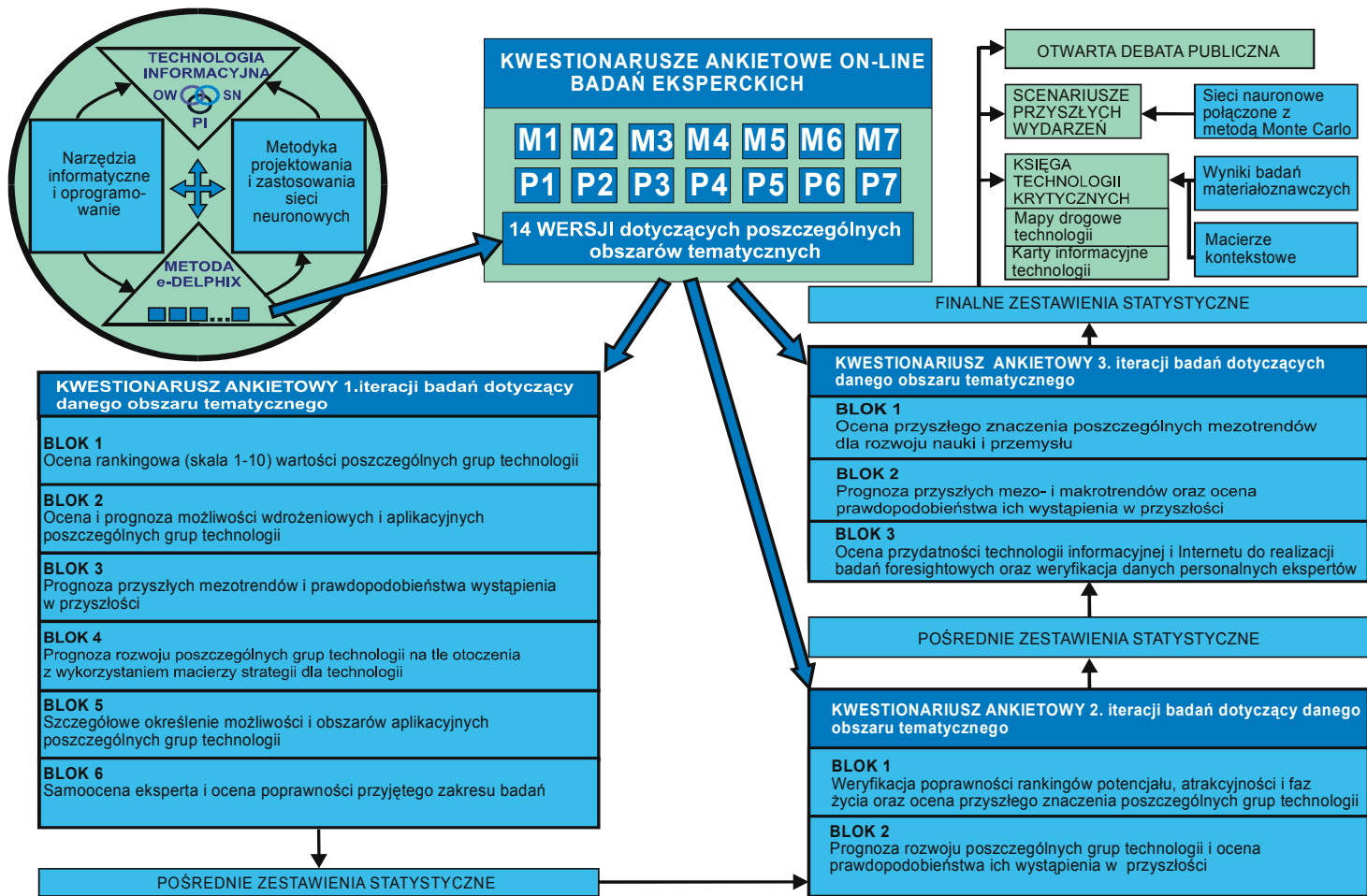
merytorycznych, są głównie ukierunkowani na jak najlepsze zaprezentowanie siebie i wyłansowanie własnej osoby, zamiast faktycznego podzielenia się posiadaną wiedzą.

Jednym z najważniejszych celów, dla których utworzono organizację wirtualną i platformę internetową, było zapewnienie możliwości elektronicznej ankietyzacji ekspertów z użyciem **metody e-Delphix** zapożyczającej główny zamysł kilkietapowego ankietowania ekspertów z klasycznej metody delfickiej [162-168], będącej heurystyczną metodą jakościową [322, 323]. Metoda e-Delphix znacznie jednak odbiegła od pierwowzoru, zarówno co do założeń metodycznych, jak i ze względu na towarzyszącą jej rozbudowaną technologię informacyjną. Nadrzędnym celem badań wykonanych z użyciem metody e-Delphix było pozyskanie od ankietowanych ekspertów ukrytej wiedzy, z natury rzeczy trudno mierzalnej, i przekształcenie jej w wiedzę jawną, z użyciem dedykowanych temu zadaniu narzędzi analitycznych i metod ilościowych. Zadaniu temu służyło zastosowanie do oceny czynników i zjawisk, w ramach prowadzonych badań ankietowych, dziesięciostopniowej uniwersalnej skali stanów względnych, gdzie 1 oznacza minimalną ocenę lub poziom zgodności, natomiast 10 – wybitnie wysoką ocenę lub poziom zgodności z cechą/ zjawiskiem/ czynnikiem/ stwierdzeniem. Z kolei do oceny faz cyklu życia wykorzystano kompatybilną z poprzednią, dziesięciostopniową skalę oceny cyklu życia technologii, gdzie 1 to technologia schyłkowa, a 10 to technologia embrionalna, co szerzej opisano w rozdziale 3.2. niniejszej pracy. Określone przez ekspertów prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzeń w przyszłości również zostało wyrażone ilościowo z użyciem wartości procentowych. Pozyskane drogą badań ankietowych wyrażone liczbowo dane pierwotne stanowiły podstawę dalszych analiz, realizowanych z użyciem metod ilościowych, wspartych jedynie analizą jakościową.

Trudność metodologiczną stanowił fakt, że zagadnienia analizowane w ramach prowadzonych badań charakteryzują się różnym stopniem szczegółowości (mikro, mezo, makro), stąd pojawiła się konieczność systemowego ich uporządkowania, również z uwzględnieniem kolejności pytań zadawanych ekspertom w następujących po sobie iteracjach badań. Po rozważeniu alternatywnych wariantów przyjęto koncepcję wzrastającego poziomu ogólności pytań w kolejnych iteracjach badań eksperckich, co pozwoliło ekspertom wywodzącym się ze środowisk inżynierskich na zapoznanie się z nowym podejściem metodologicznym na poziomie mikro, najbliższym ich codziennej praktyce zawodowej, ułatwiając przeprowadzenie dalszych badań, dotyczących zagadnień bardziej ogólnych o charakterze ekonomiczno-technicznym, zasadniczo trudniejszych do analizy w środowisku inżynierskim.

Wykonanie badań ankietowych metodą e-Delphix (rys. 25) wymagało opracowania założeń koncepcyjnych, utworzenia w programie Word i wprowadzenia do systemu komputerowego w języku programowania *php* i *JavaScript* wielopytaniowych kwestionariuszy ankietowych w 14 wersjach odpowiadających poszczególnym obszarom tematycznym, co samo w sobie stanowiło poważne wyzwanie merytoryczno-organizacyjne. W pracach tych uczestniczył kilkudziesięcioosobowy zespół pracowników, w tym eksperci wiodący, eksperci kluczowi, pracownicy techniczni, a z głosem konsultacyjno-doradczym także – Członkowie Międzynarodowego Komitetu Monitorującego [159]. Cykl działań został powtórzony trzykrotnie w odniesieniu do kolejnych iteracji badań. Materiałami bazowymi służącymi opracowaniu kwestionariuszy ankietowych pierwszej iteracji badań eksperckich były wyniki przeprowadzonej uprzednio, z użyciem metodyki badań heurystycznych, analizy istniejącej sytuacji obejmującej ocenę stanu zagadnienia, przegląd technologiczny i analizę strategiczną metodami zintegrowanymi. Kwestionariusze ankietowe drugiej i trzeciej iteracji badań opracowano wykorzystując wyniki pośrednie, otrzymane na podstawie realizacji iteracji poprzedzającej, z użyciem pomocniczych metod obejmujących panele eksperckie, burze mózgów, *benchmarking*, analizę wielokryterialną, symulacje i modelowanie komputerowe oraz analizy ekonometryczne i statystyczne.

Każdy z kwestionariuszy ankietowych dotyczących danego obszaru tematycznego został podzielony na kilka bloków, różniących się typem zadawanych pytań i udzielanych odpowiedzi. Wśród pytań zadawanych ekspertom można wyróżnić [324-327]: niesprofilowane pytania otwarte, pozostawiające respondentowi pełną dowolność udzielania jakościowej odpowiedzi, oraz pytania zamknięte, wymagające odpowiedzi ilościowej z użyciem *skali Likerta*, dającej możliwość określenia stopnia akceptacji danego stwierdzenia, *skali ważności* szeregującej czynniki, *skali ocen* wartościującej czynniki i *rankingu* pozycjonującego czynniki w danym zbiorze. Wśród pytań zadawanych ekspertom były także pytania sprawdzające, mające na celu ocenę wiarygodności respondentów. W kolejnych iteracjach malała liczba otwartych pytań jakościowych na rzecz pytań ilościowych, wymagających udzielania wyrażonych liczbowo odpowiedzi, w celu wykorzystania ich, jako danych pierwotnych, do utworzenia macierzy koncepcyjnych, map i kart informacyjnych technologii oraz zbioru testowego, walidacyjnego i uczącego sztucznych sieci neuronowych, stanowiących podstawę późniejszego kreowania alternatywnych scenariuszy przyszłych wydarzeń dotyczących inżynierii powierzchni materiałów.

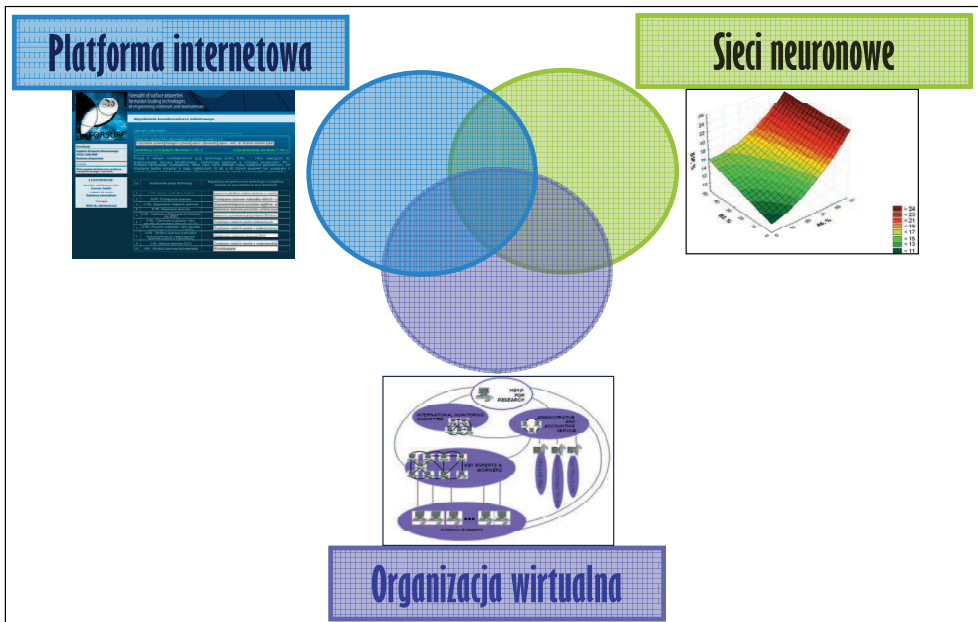


Rysunek 25. Schemat implementacji metody e-Delphix [161, 175]; OW – organizacja wirtualna, SN – sieci neuronowe, PI – platforma internetowa

4.3. Oryginalna technologia informacyjna

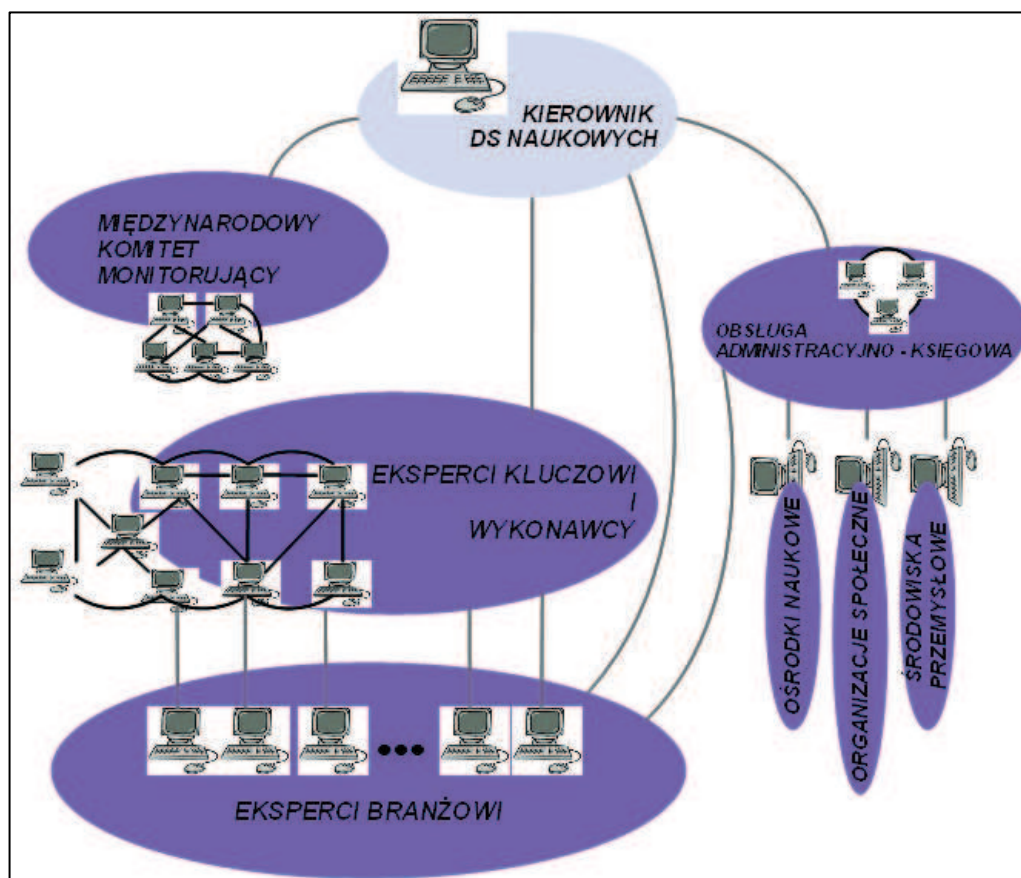
Na utworzoną od podstaw, według autorskiej koncepcji, technologię informacyjną składają się trzy narzędzia analityczne: organizacja wirtualna, platforma internetowa i sztuczne sieci neuronowe (rys. 26).

Organizacja wirtualna do zarządzania zintegrowanymi badaniami foresightowymi (ang.: *Virtual Organisation for Foresight Integrated Research Management* – VO FIRM) wpisuje się w nurt strukturalny, odzwierciedlający jedno z dwóch alternatywnych podejść spotykanych w literaturze przedmiotu. Mimo iż wprowadzone dwadzieścia lat temu przez W. Dawidowa i M. Maleone’a [328] pojęcie organizacji wirtualnej przez lata ulegało różnorodnym modyfikacjom, udoskonaleniom i rozwinięciom, do chwili obecnej nie wprowadzono jednej powszechnie akceptowalnej podstawy pojęciowej [329]. Podejście procesowe przedstawia organizację wirtualną w ujęciu czynnościowym, jako mechanizm działania, obszar działalności lub sposób zarządzania organizacją, koncentrując się na działaniach i zachowaniach [330-331]. Znacznie częściej reprezentowane podejście strukturalne, przyjęte w realizowanych badaniach, dotyczy elementów składowych organizacji, ich właściwości i zależności między nimi [332-334].



Rysunek 26. Technologia informacyjna wspomagania realizacji badań e-foresightowych

Organizacja wirtualna VO FIRM stanowi utworzony na zasadzie dobrowolności, działający dynamicznie i elastycznie ustrukturalizowany, układ elementów o charakterze zadaniowym, zorientowany na ustalone cele, koordynowany za pomocą technologii informacyjnej, umożliwiający zbieranie, porządkowanie, selekcjonowanie, rozprzestrzenianie oraz zarządzanie wiedzą jawną i ukrytą w cyberprzestrzeni. Opisywana organizacja wirtualna została powołana do realizacji długoterminowego celu ogólnospołecznego, jakim jest zacieśnienie związków pomiędzy nauką a gospodarką i rozwój społeczeństwa informacyjnego, co pociąga za sobą wzmocnienie znaczenia gospodarki opartej na wiedzy i innowacji oraz przyspieszenie zrównoważonego rozwoju i statystycznego wzrostu jakości technologii, implementowanych w przemyśle. W praktyce, organizacja wirtualna, której schemat organizacyjny zaprezentowano na rysunku 27, umożliwiła przeprowadzenie od strony formalno-organizacyjnej e-foresightu



Rysunek 27. Schemat organizacyjny VO FIRM [180]

technologicznego inżynierii powierzchni materiałów, pozwalając na zarządzanie w cyberprzestrzeni bazami danych, obejmującymi zgromadzoną w procesie ankietyzacji wiedzę pozyskaną od ekspertów, zestawione w różnorodny sposób wyniki badań eksperckich oraz personalia ekspertów wraz z elektroniczną korespondencją i rozliczeniami finansowymi.

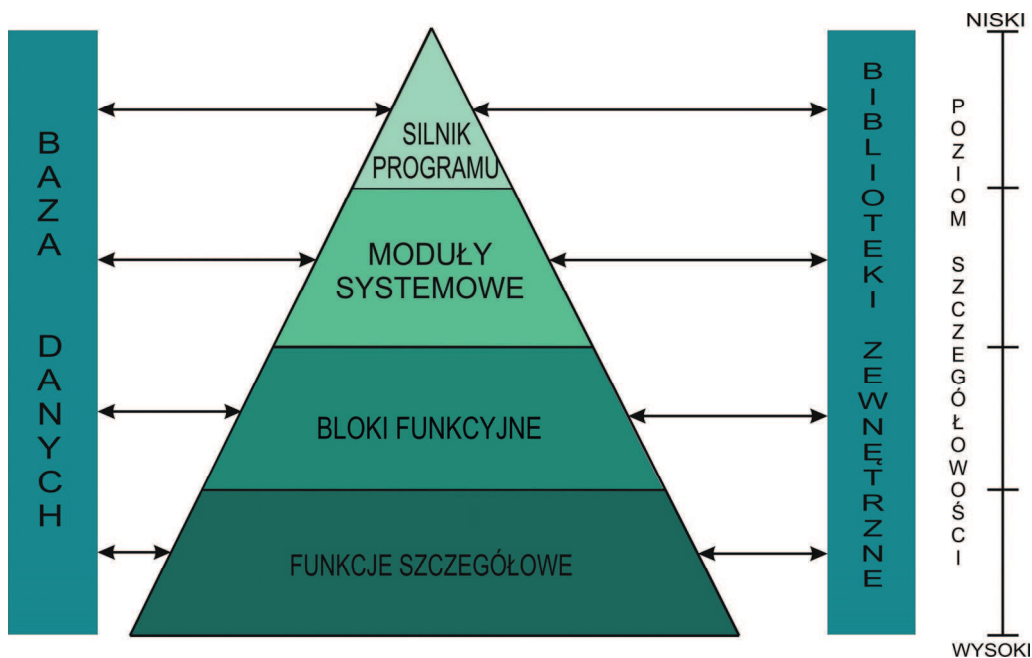
Zarządzanie w cyberprzestrzeni organizacją wirtualną stało się możliwe dzięki utworzonej od podstaw w środowisku programowania *Embarcadero C++ Builder XE2 Professional*, bazującej na autorskiej koncepcji, **platformie internetowej** zarządzania zintegrowanymi badaniami foresightowymi (ang.: *Web Platform for Foresight Integrated Research Management* – WP FIRM), będącej systemem komputerowym o strukturze hierarchicznej (rys. 28). Poszczególne elementy składowe odzwierciedlające realizowane funkcje użytkowe nowo utworzonej platformy przedstawiono na rysunku 29. Każdy z kilkudziesięciu zaprezentowanych modułów składowych wymagał zastosowania opracowanego odrębnie indywidualnego algorytmu, którego przykład odnoszący się do modułu „Analiza danych” przedstawiono na rysunku 30.

Przyjęte założenia koncepcyjne definiują następujące poziomy dostępności zasobów platformy internetowej WB FIRM dla jej użytkowników:

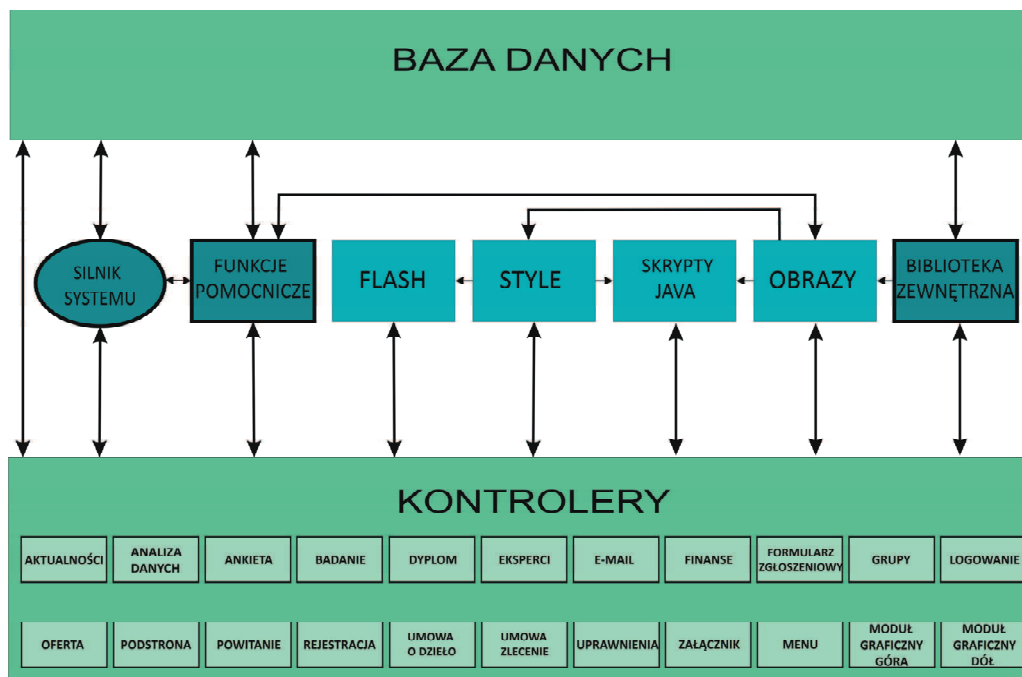
1. Poziom ogólny jest zapewniony przez stronę internetową dostępną bez ograniczeń dla każdego użytkownika Internetu.
2. Poziom ekspercki, umożliwiający ograniczonej liczbie powołanych ekspertów branżowych wypełnianie *on-line* kwestionariuszy ankietowych, po zalogowaniu z użyciem przydzielonego uprzednio przez administratora systemu *loginu* i hasła.
3. Poziom zarządczo-administracyjny, dający sposobność wąskiej grupie, tzn. Autorce i upoważnionemu przez nią personelowi administracyjno-technicznemu, po zalogowaniu z różnym poziomem uprawnień, generowanie kwestionariuszy ankietowych, tworzenie nowych i modyfikowanie istniejących baz danych, podgląd *on-line* postępu prac eksperckich, prowadzenie korespondencji wieloseryjnej i indywidualnej oraz dokonywanie rozliczeń finansowych wraz z generowaniem towarzyszącej im dokumentacji systemowej.

Szczegółową listę funkcji platformy internetowej WB FIRM, możliwych do realizacji w cyberprzestrzeni, z uwzględnieniem różnych poziomów dostępności użytkowników do jej zasobów, przedstawiono w tabelicy 8.

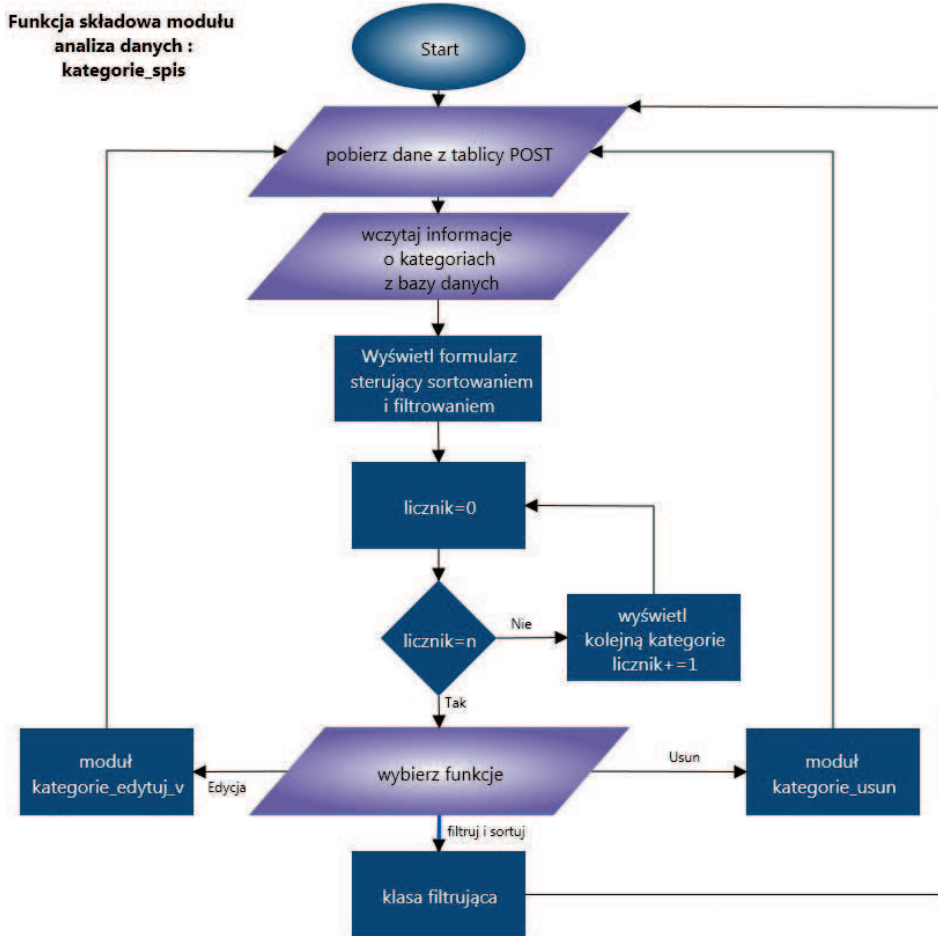
Utylitarne cele utworzonej platformy internetowej WB FIRM obejmują zapewnienie warunków pracy ekspertom kluczowym i branżowym, umożliwienie warunków realizacji



Rysunek 28. Struktura hierarchiczna platformy internetowej WB FIRM



Rysunek 29. Elementy składowe platformy internetowej WB FIRM



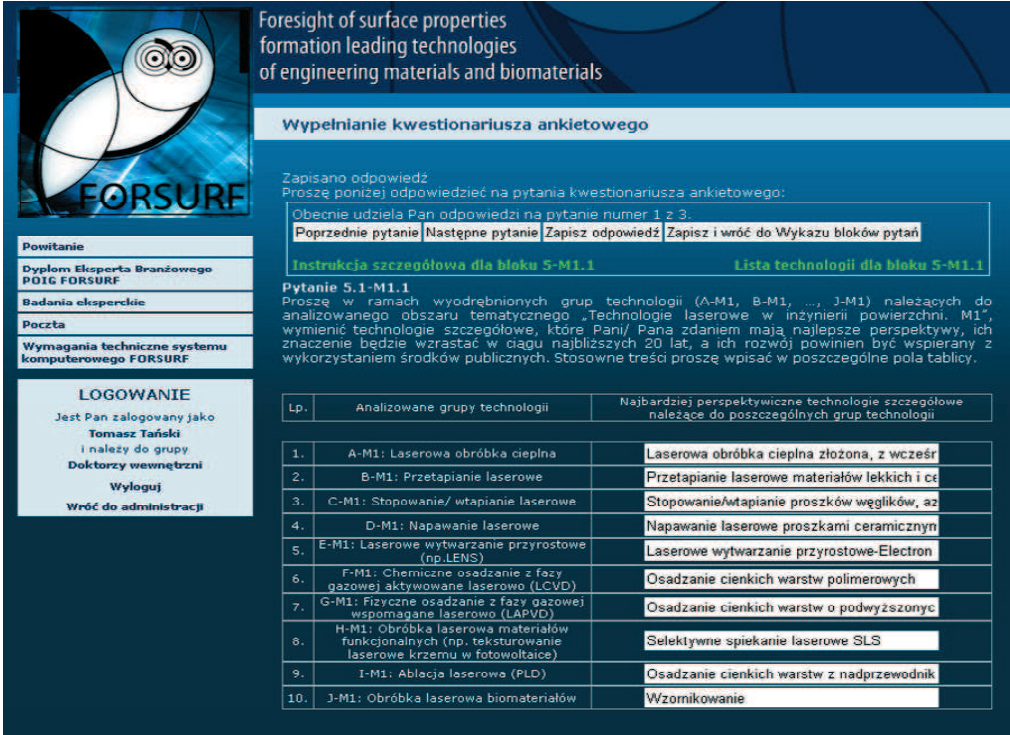
Rysunek 30. Przykładowy algorytm funkcjonowania wybranego modułu platformy internetowej WB FIRM dotyczący „Analizy danych”

celów naukowo-badawczych prowadzonych działań oraz upowszechnianie informacji o postępie realizowanych prac. W szczególności platforma internetowa zapewnia wszystkim zainteresowanym podmiotom i jednostkom pozyskiwanie *on-line* szczegółowych informacji dotyczących celów i założeń realizowanych badań, śledzenie na bieżąco postępu prac oraz wyrażanie własnych opinii w ramach konsultacji społecznych *on-line*. Nowości, informacje o ogłaszanych konkursach, programy ogólne i szczegółowe Paneli eksperckich, informacje o najnowszych publikacjach wraz z ich skrótami, *fotoeseje* ze spotkań ekspertów i inne informacje, istotne w toku badań, są cyklicznie przesyłane w postaci *Newslettera* zadeklarowanym subskrybentom.

Tablica 8. Funkcje platformy internetowej i poziom dostępności użytkowników do jej zasobów

Lp.	Funkcje platformy internetowej	Poziom dostępności*
1.	Śledzenie na bieżąco pośrednich i finalnych wyników badań oraz bieżących wydarzeń obejmujących panele eksperckie, wydawnictwa i debatę publiczną <i>on-line</i>	(1), (2)
2.	Otrzymywanie w subskrypcji <i>Newslettera</i> dotyczącego wydarzeń, nowości i postępu realizowanych prac	(1), (2)
3.	Czynne uczestnictwo w debacie publicznej <i>on-line</i>	(1), (2)
4.	Wypełnianie kwestionariuszy ankietowych <i>on-line</i>	(2)
5.	Elektroniczna korespondencja indywidualna	(2), (3)
6.	Elektroniczna korespondencja wieloseryjna	(3)
7.	Wprowadzanie do systemu i zarządzanie danymi personalnymi o ekspertach	(3)
8.	Generowanie nowych kwestionariuszy ankietowych	(3)
9.	Zarządzanie informacjami, opracowywanie, zamieszczanie i modyfikowanie informacji na stronie internetowej i w <i>Newsletterze</i>	(3)
10.	Zarządzanie finansami, umowami i dokumentacją systemową	(3)
11.	Transfer danych do/z kompatybilnego systemu umów uczelnianych	(3)
12.	Generowanie wyników badań w postaci tabelarycznych lub graficznych zestawień	(3)
13.	Dodawanie, odejmowanie i modyfikowanie istniejących modułów systemu	(3)
*) Poziom dostępności: (1) – ogólny, (2) – ekspercki (3) – zarządczo-administracyjny.		

Platformę internetową WB FIRM cechuje duża elastyczność i możliwość dynamicznego dopasowania zarówno do obiektywnie zmieniających się wewnętrznych i zewnętrznych uwarunkowań realizacji badań, jak i subiektywnych potrzeb jej wewnętrznych i zewnętrznych klientów, stanowiąc niejako żywy *organizm*, podlegający ciągłej rozbudowie, aktualizacjom i modyfikacjom. Najczęściej wprowadzane zmiany miały na celu maksymalizację realizowanych zadań i funkcji, doskonalenie interfejsu użytkownika, zwiększanie bezpieczeństwa przechowywania danych, wzmacnianie odporności na zakłócenia, dopasowanie do istniejących, powszechnie stosowanych i stale podlegających zmianom rozwiązań informatycznych. Przykładową stroną platformy internetowej, przedstawiającą jedną z kart kwestionariusza ankietowego wypełnionego przez wybranego eksperta, zaprezentowano na rysunku 31.



Foresight of surface properties formation leading technologies of engineering materials and biomaterials

Wypełnianie kwestionariusza ankietowego

Zapisano odpowiedź
Proszę poniżej odpowiedzieć na pytania kwestionariusza ankietowego:

Obecnie udziela Pan odpowiedzi na pytanie numer 1 z 3.
[Poprzednie pytanie](#) [Następne pytanie](#) [Zapisz odpowiedź](#) [Zapisz i wróć do Wykazu bloków pytań](#)

[Instrukcja szczegółowa dla bloku 5-M1.1](#) [Lista technologii dla bloku 5-M1.1](#)

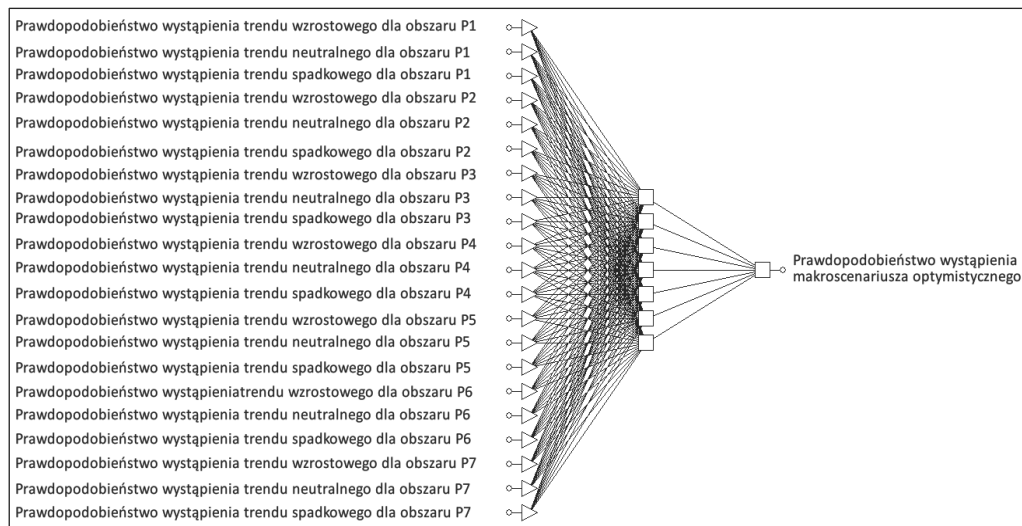
Pytanie 5.1-M1.1
Proszę w ramach wyodrębnionych grup technologii (A-M1, B-M1, ..., J-M1) należących do analizowanego obszaru tematycznego „Technologie laserowe w inżynierii powierzchni. M1”, wymienić technologie szczegółowe, które Pani/ Pana zdaniem mają najlepsze perspektywy, ich znaczenie będzie warstwą w ciągu najbliższych 20 lat, a ich rozwój powinien być wspierany z wykorzystaniem środków publicznych. Stosownie treści proszę wpisać w poszczególne pola tablicy.

Lp.	Analizowane grupy technologii	Najbardziej perspektywiczne technologie szczegółowe należące do poszczególnych grup technologii
1.	A-M1: Laserowa obróbka cieplna	Laserowa obróbka cieplna złożona, z wczep
2.	B-M1: Przetapianie laserowe	Przetapianie laserowe materiałów lekkich i c
3.	C-M1: Stopowanie/ wtapianie laserowe	Stopowanie/wtapianie proszków węglików, az
4.	D-M1: Napawanie laserowe	Napawanie laserowe proszkami ceramicznym
5.	E-M1: Laserowe wytwarzanie przyrostowe (np. LENS)	Laserowe wytwarzanie przyrostowe-Electron
6.	F-M1: Chemiczne osadzenie z fazy gazowej aktywowane laserowo (LCVD)	Osadzenie cienkich warstw polimerowych
7.	G-M1: Fizyczne osadzenie z fazy gazowej wspomaganie laserowo (LAPVD)	Osadzenie cienkich warstw w podwyższony
8.	H-M1: Obróbka laserowa materiałów funkcjonalnych (np. teksturuwanie laserowe krzem w fotowoltaice)	Selektywne spiekanie laserowe SLS
9.	I-M1: Ablacja laserowa (PLD)	Osadzenie cienkich warstw z nadprzewodnik
10.	J-M1: Obróbka laserowa biomateriałów	Wzomikowanie

Rysunek 31. Platforma internetowa WB FIRM. Interfejs użytkownika [159]

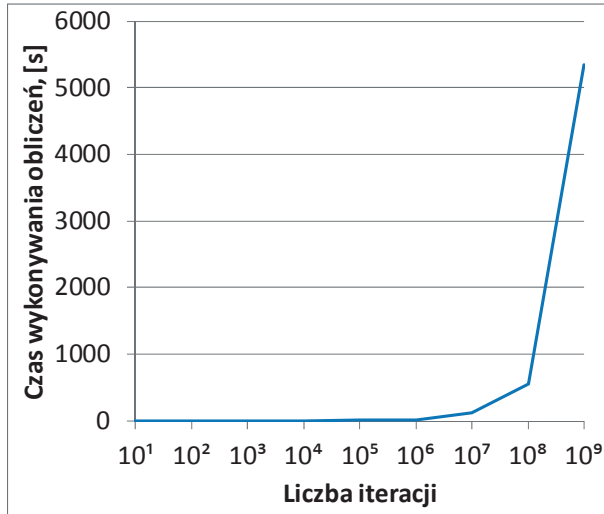
Ostatni element technologii informacyjnej, zastosowanej w ramach prowadzonych prac, stanowią sztuczne **sieci neuronowe** do zarządzania zintegrowanymi badaniami foresightowymi (ang.: *Neural Network for Foresight Integrated Research Management – NN FIRM*) opracowane z użyciem komercyjnego oprogramowania *Statistica Neural Networks* w wersji 4.0F (podrozdział 3.5 niniejszej pracy). Zaprojektowanie sieci stanowiło podstawę niezbędną do realizacji celów informatycznych pracy, następnie wzbogaconą o oryginalne oprogramowanie SCENNET21, służące do określenia zależności pomiędzy prawdopodobieństwem wystąpienia danego makroszenariusza a rozwojem poszczególnych obszarów tematycznych inżynierii powierzchni materiałów oraz oprogramowanie SCENNET48, umożliwiające określenie, w jaki sposób kluczowe mezocynniki rozwoju inżynierii powierzchni materiałów wpływają na prawdopodobieństwo wystąpienia poszczególnych makroszenariuszy.

Zadaniem **programu SCENNET21**, napisanego w języku C++, jest znalezienie optymalnych parametrów wejściowych, w celu uzyskania zadanej wartości wyjściowej dla wybranych sieci neuronowych. Umożliwia on wyszukiwanie maksymalnej wartości wyjściowej,



Rysunek 32. Schemat przykładowego modelu sieci neuronowej zaimplementowanego w języku C++ i dołączonego do programu SCENNET21 jako funkcja

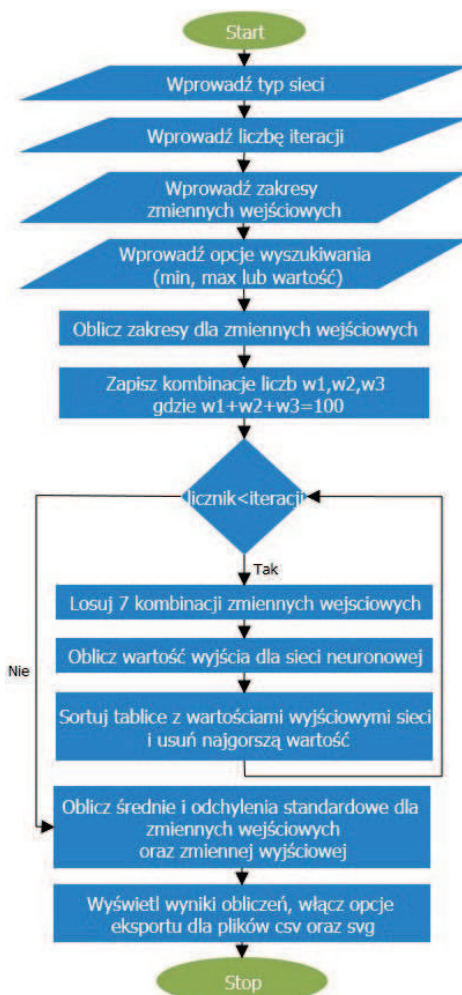
minimalnej wartości wyjściowej i wartości zadanej przez użytkownika oraz znalezienie wartości suboptymalnych dla jednej z 6 sieci neuronowych przygotowanych za pomocą programu *Statistica Neural Networks 4.0F*. Sieci zaimplementowano w języku C++ i dołączono do programu jako funkcje. Każda z tych funkcji, jako parametry wejściowe, przyjmuje 21-elementową tablicę reprezentującą zmienne wejściowe wybranej sieci neuronowej, a wynikiem jej działania jest liczba reprezentująca zmienną wyjściową sieci neuronowej. Zbiór 21 parametrów wejściowych jest podzielony na siedem trzelementowych grup, z których każda odpowiada jednemu analizowanemu obszarowi tematycznemu, odpowiednio od *M1* do *M7* oraz od *P1* do *P7*, w zależności od wybranej sieci. Trzy elementy wewnątrz grupy oznaczają kolejno: prawdopodobieństwo wystąpienia trendu wzrostowego, prawdopodobieństwo wystąpienia trendu ustabilizowanego na dotychczasowym poziomie i prawdopodobieństwo wystąpienia trendu spadkowego w odniesieniu do poszczególnych grup technologii, na tle ogółu technologii inżynierii powierzchni. Każdy parametr wejściowy funkcji może przyjmować wartości z zakresu od 0 do 100. Przykład modelu sieci neuronowej, sporządzonego w odniesieniu do optymistycznego makrosceńsariusza dotyczącego pola badawczego *P*, zaprezentowano na rysunku 32. Zbiór wszystkich sześciu modeli stanowi kombinację dwóch rozpatrywanych pól badawczych (*M* i *P*) i trzech rodzajów makrosceńsariuszy, o strukturze różniącej się liczbą neuronów w warstwie ukrytej.



Rysunek 33. Wykres zależności czasu obliczeń do liczby przeprowadzanych iteracji [97]

Program SCENNET21 umożliwia ustawienie minimalnej oraz maksymalnej wartości zakresu wyszukiwania indywidualnie w przypadku każdej zmiennej wejściowej. Suma trzech prawdopodobieństw wystąpienia poszczególnych trendów musi być równa 100. W zakresie od 0 do 100 dla każdego obszaru tematycznego otrzymuje się ok. 5000 kombinacji spełniających warunek sumy trzech prawdopodobieństw równej 100. Ze względu na bardzo dużą liczbę możliwych kombinacji zastosowano metodę wyszukiwania losowego (Monte Carlo). Sprawdzenie 10^4 kombinacji zajmuje średnio 200 ms. Przyrost czasu obliczeń w odniesieniu do liczby iteracji przedstawiono na wykresie (rys. 33). Pomiar czasu wykonano na komputerze z procesorem *Intel Core i5 M560* 2,67GHz i 4GB pamięci RAM. Zbiór rozwiązań zbliżonych do optymalnych otrzymuje się po sprawdzeniu około 10^7 iteracji, natomiast kolejne z nich minimalnie wpływają na poprawę otrzymanych rezultatów, co przy wzrastającym wykładniczo czasie koniecznym do ich wykonania decyduje o niecelowości ich przeprowadzania.

Zasadę działania programu SCENNET21 przedstawia schemat blokowy (rys. 34). W pierwszej kolejności użytkownik określa parametry wyszukiwania obejmujące: liczbę iteracji wyszukiwania rozwiązania, sieć, która będzie funkcją celu, zakresy zmiennych wejściowych oraz wartość oczekiwaną dla zmiennej wyjściowej sieci. Wykorzystując wprowadzone dane wejściowe, program oblicza szerokość zakresów poszukiwań, a następnie wszystkie możliwe kombinacje prawdopodobieństw dotyczące każdego obszaru tematycznego, dające sumę 100. Symulacje przeprowadzono przy założeniu, że obszar poszukiwań wartości zmiennych



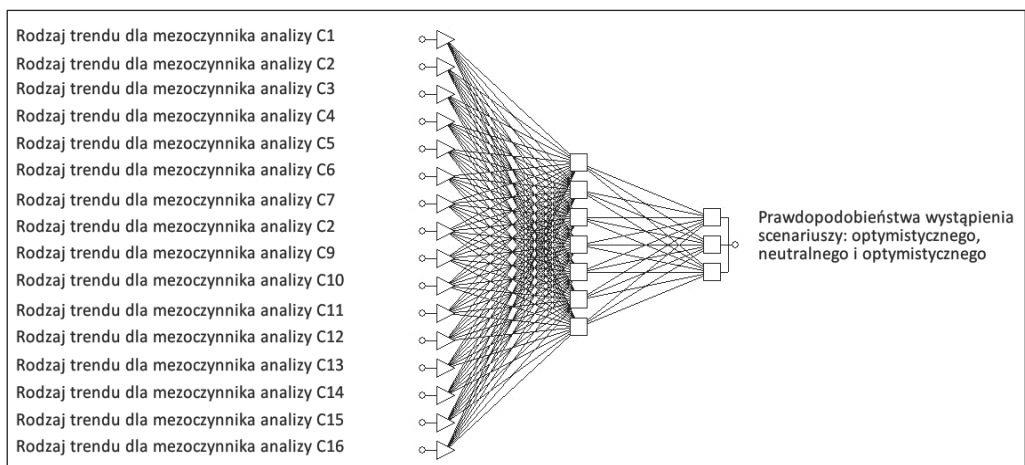
Rysunek 34. Schemat blokowy programu SCENNET21 [97]

decyzyjnych jest ograniczony do zakresu zmian, zdefiniowanych w ograniczeniach modeli neuronowych. Kolejnym krokiem jest wylosowanie siedmiu kombinacji prawdopodobieństw zapisanych na poprzednim etapie. Następnie jest uruchamiana funkcja reprezentująca sieć neuronową, gdzie parametrami wejściowymi jest siedem kombinacji liczb wylosowanych w poprzednim kroku. Wartość wyjścia sieci jest zapisywana do tablicy *magazyn*, a następnie usuwana jest z niej najgorsza wartość. Wymienione etapy są powtarzane do momentu, gdy licznik pętli będzie równy liczbie iteracji określonej na wstępie przez użytkownika. Po zakończeniu obliczeń wyniki są prezentowane w postaci tabeli. Istnieje możliwość eksportu wyników do arkusza kalkulacyjnego (plik z rozszerzeniem *csv*) oraz prezentacji wyników

w postaci wykresu zapisanego do pliku graficznego z rozszerzeniem *svg*. Program dodatkowo posiada opcję generowania etykiet wykresu w języku polskim i angielskim oraz jego zapisu w wersji kolorowej lub monochromatycznej. Wyniki badań wygenerowane z użyciem programu SCENNET21 przedstawiono w podrozdziale 7.1.

Program SCENNET48 jest modyfikacją programu SCENNET21, umożliwiającą określenie wpływu kluczowych szesnastu mezoczynników determinujących rozwój inżynierii powierzchni materiałów, przedstawionych graficznie w podrozdziale 3.2, na prawdopodobieństwo wystąpienia poszczególnych makroszenariuszy: optymistycznego, neutralnego i pesymistycznego, z użyciem modelu sieci neuronowej mającego 16 neuronów na wejściu, 3 na wyjściu i 73 w warstwie ukrytej (rys. 35).

Program SCENNET48 daje możliwość wykonania symulacji komputerowych, przy założeniu że zmienna niezależna może przyjmować wartość ze zbioru $\{1, 0, -1\}$, odpowiadając kolejno trendowi wzrostowemu, neutralnemu i spadkowemu. Uwzględniając 16 zmiennych, liczba możliwych przypadków wynosi 3^{16} , czyli 43 046 721. Jeżeli poszczególne mezoczynniki mogą przyjmować tylko dwie wartości, liczba przypadków zostaje ograniczona do 2^{16} , czyli 65 536, stąd wykonując symulacje w trzech wariantach przyjęto takie właśnie założenie początkowe. Interfejs użytkownika pozwala ponadto na arbitralne zadanie wartości poszczególnym mezoczynnikom z dostępnego zbioru i obserwację wpływu zmiany tych wartości na prognozowane prawdopodobieństwo wystąpienia danego makroszenariusza.



Rysunek 35. Schemat modelu sieci neuronowej zaimplementowanego w języku C++ i dołączonego do programu SCENNET48 jako funkcja

Wyniki symulacji mogą być prezentowane tabelarycznie lub w postaci graficznej. Do predykcji wartości prawdopodobieństwa wystąpienia makrosценariusza program wykorzystuje funkcję klasy *f_16zRun*, będącą implementacją w języku C++ wcześniej przygotowanej i wytrenowanej jednej z trzech opracowanych w tym celu sztucznych sieci neuronowych. Parametrami wejściowymi tej funkcji jest 16 liczb typu *double*, określających rodzaj występującego trendu i odpowiadających każdemu z 16 mezczynników. Wartości wyjściowe funkcji zawarte są w tablicy trzech liczb typu *double*, które odpowiadają kolejnym prawdopodobieństwom wystąpienia makrosценariuszy. Każda ze zmiennych wyjściowych może przyjmować wartości z zakresu od 0 do 100, przy czym suma elementów tablicy wartości wyjściowych musi być równa 100. Ogólną zasadę działania programu SCENNET48 przedstawiono na schemacie blokowym (rys. 36).

Interfejs użytkownika pozwala na ustalenie wartości wejściowych za pomocą 48 elementów typu *TRadioButton*, podzielonych na 16 grup po 3 elementy umieszczone w elemencie *TPanel*. W celu poprawienia ergonomii interfejsu użytkownika, po wskazaniu dowolnego

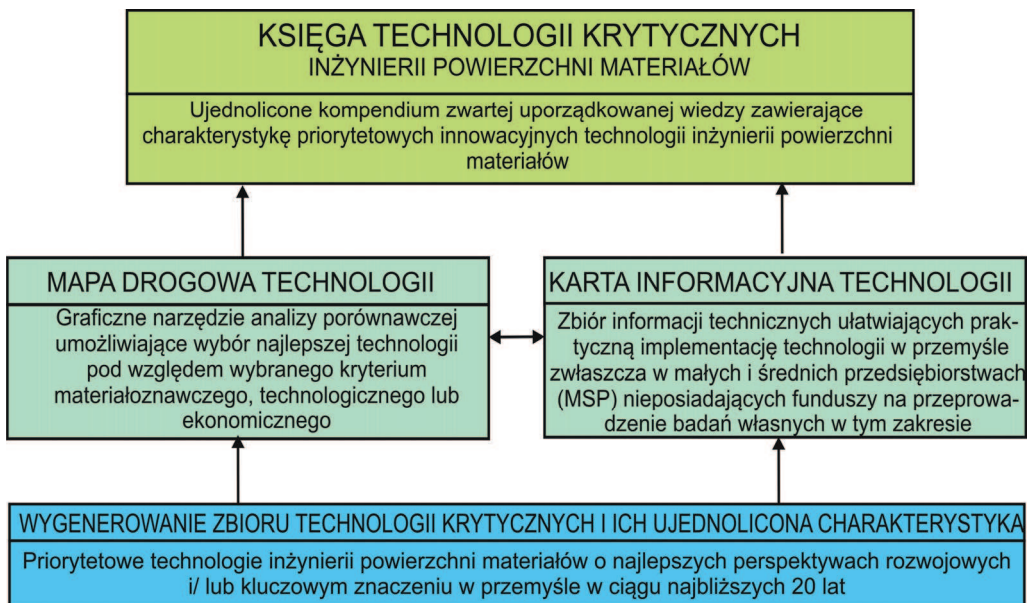


Rysunek 36. Schemat blokowy programu SCENNET48

elementu *TRadioButton*, w panelu, na którym znajduje się element, zmienia się kolor tła na zielony, żółty lub czerwony, co odpowiada trendowi: wzrostowemu, neutralnemu i spadkowemu dla każdego z 16 mezoczynników. Interfejs użytkownika pozwala dodatkowo na wybór wersji językowej programu: polskiej lub angielskiej. Wyniki symulacji, wykonane z zastosowaniem programu SCENNET48, przedstawiono w podrozdziale 7.2 rozprawy.

4.4. Księga Technologii Krytycznych inżynierii powierzchni materiałów

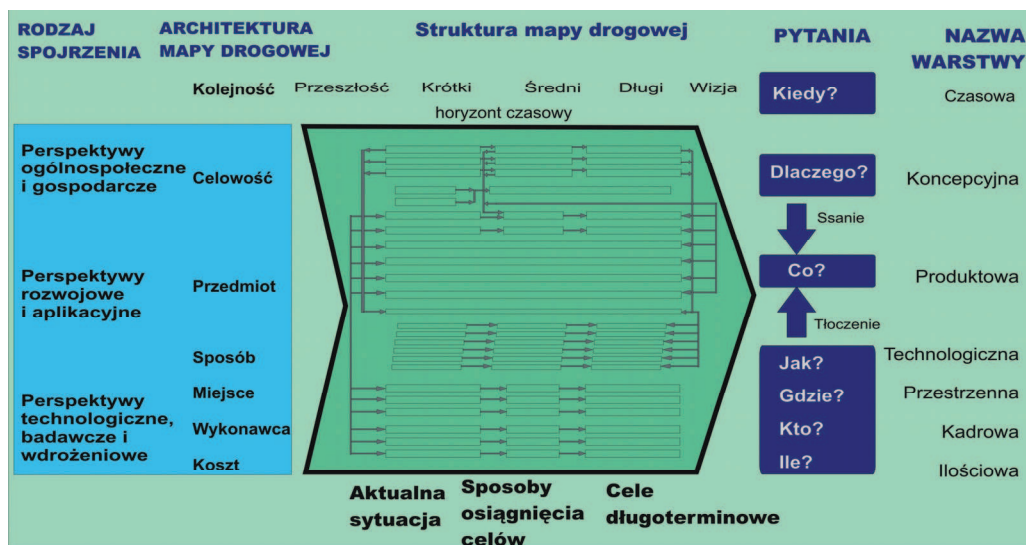
Księga Technologii Krytycznych inżynierii powierzchni materiałów (rys. 37) jest kompendium zwartej wiedzy obejmującej zbiór kilkuset map drogowych i kart informacyjnych technologii inżynierii powierzchni materiałów, będących narzędziem analizy porównawczej pod względem wybranego kryterium materiałoznawczego, technologicznego lub ekonomicznego, przydatnych zwłaszcza w mikro-, małych i średnich przedsiębiorstwach stanowiących 99,8% krajowych przedsiębiorstw wytwarzających 68% PKB generowanego przez wszystkie przedsiębiorstwa w Polsce ogółem [335], lecz nieposiadających wystarczających funduszy na przeprowadzenie badań własnych w tym zakresie. Zbiór technologii krytycznych inżynierii powierzchni materiałów wygenerowano na podstawie analizy istniejącej sytuacji, obejmującej



Rysunek 37. Księga Technologii Krytycznych inżynierii powierzchni materiałów

ocenę stanu zagadnienia, przegląd technologiczny i analizę strategiczną metodami zintegrowanymi, wspartej pomocniczymi metodami heurystycznymi, co opisano w odrębnym własnym opracowaniu książkowym [76]. Mapy drogowe i karty informacyjne opracowano także w odniesieniu do grupy technologii szczegółowych (S1-S8), w ramach weryfikacji poprawności metodologii komputerowo zintegrowanego prognozowania inżynierii powierzchni materiałów [90-98, 161, 169-174] (rozdział 5).

Mapy drogowe technologii (ang.: *Technology Roadmaps – TR*) [336-338] utworzono z wykorzystaniem danych pierwotnych pozyskanych w wyniku wykonanych badań eksperymentalno-porównawczych. Układ autorskiej mapy drogowej technologii (rys. 38) odpowiada pierwszej ćwiartce kartezjańskiego układu współrzędnych. Na osi odciętych znajdują się trzy interwały czasowe, dotyczące kolejno lat: 2010-12, 2020 i 2030, a horyzont czasowy całości wyników badań, które uwzględnia mapa, wynosi 20 lat. Na oś rzędnych mapy drogowej technologii naniesiono siedem głównych warstw odpowiadających kolejno na pytania o coraz większym stopniu szczegółowości: Kiedy? Dlaczego? Co? Jak? Gdzie? Kto? Ile?, których ogólną charakterystykę przedstawiono w tabelicy 9. Główne warstwy mapy drogowej technologii uporządkowano hierarchicznie, począwszy od górnych najbardziej ogólnych, określających ogólnospołeczne i ekonomiczne przesłanki, przyczyny i powody realizowanych działań, poprzez środkowe charakteryzujące produkt i technologie jego wytwarzania, kończąc na



Rysunek 38. Struktura mapy drogowej technologii [172]

Tablica 9. Charakterystyka warstw głównych mapy drogowej technologii

Lp.	Nazwa warstwy	Zakres	Pytanie	Opis
1.	Czasowa	Kolejność	Kiedy?	Definiuje założone interwały czasowe i horyzont czasowy prowadzonych badań
2.	Koncepcyjna	Celowość	Dlaczego?	Precyzuje perspektywy ogólnospołeczne i gospodarcze prowadzonych działań oraz strategię właściwą dla danej technologii
3.	Produktowa	Przedmiot	Co?	Charakteryzuje produkt powstający w danym procesie technologicznym z uwzględnieniem jego struktury i własności
4.	Technologiczna	Sposób	Jak?	Opisuje daną technologię wzięwszy pod uwagę następujące kryteria szczegółowe: cykl życia, typ i forma produkcji, park maszynowy, automatyzacja i robotyzacja, jakość, ekologia
5.	Przestrzenna	Miejsce	Gdzie?	Określa rodzaj organizacji i reprezentowane gałęzie przemysłu
6.	Kadrowa	Wykonawca	Kto?	Ustala strukturę kadry i oczekiwane kompetencje pracowników
7.	Ilościowa	Koszt	Ile?	Podaje wymagania kapitałowe i szacowaną wielkość produkcji

warstwach dolnych, precyzujących szczegóły organizacyjno-techniczne dotyczące miejsca, wykonawcy i kosztów. Warstwy środkowe mapy drogowej technologii są poddane dwóm typom oddziaływania – *ssaniu* od strony warstw górnych i *tłoczeniu* od strony warstw dolnych. Zależności pomiędzy poszczególnymi warstwami i podwarstwami mapy drogowej technologii przedstawiono za pomocą strzałek, reprezentujących odpowiednio związki przyczynowo-skutkowe, powiązania kapitałowe, korelacje czasowe i dwukierunkowe przepływy danych i/lub zasobów. Opracowane według autorskiej koncepcji mapy drogowe technologii stanowią bardzo wygodne narzędzie analizy porównawczej, umożliwiając wybór technologii najlepszej pod względem wybranego kryterium materiałoznawczego, technologicznego lub ekonomicznego. Ponadto, ich niezaprzeczalną zaletą jest elastyczność, dzięki której w razie potrzeby mapy można uzupełniać i rozbudowywać o dodatkowe podwarstwy, dostosowując je do specyfiki branży, wielkości przedsiębiorstwa, skali działalności firmy bądź indywidualnych oczekiwań przedsiębiorcy. Przykładową mapę drogową technologii sporządzoną w odniesieniu do procesów wytwarzania wielowarstwowych (o liczbie mniejszej niż 10) powłok osadzanych z fazy gazowej na spiekanych materiałach narzędziowych, przedstawiono na rysunku 39.

MAPA DROGOWA TECHNOLOGII		Nanoszenie multiwarstwowych (n≥10) powłok PVD na spiekane materiały narzędziowe		Nr katalogowy: S1-06/2010-12	
Obszar tematyczny: DZIŚ 2010-12		2020		2030	
Kiedy?	Interwały czasowe	<p>Tworzenie (Księgi) Technologii Krytycznych</p> <p>Rozwój priorytetowych innowacyjnych technologii</p> <p>Wycorzystywanie sposobności i unikanie trudności</p> <p>Szeroka edukacja i efektywna intensywna współpraca między przedstawicielami Nauki i Przemysłu</p> <p>Strategia debuty wiosna; Odnosić sukces. Rozwijaj, umacniać, implementować w praktyce przemysłowej w celu odniesienia spektakularnego sukcesu.</p> <p>Słoneczna wiosna</p> <p>Roztoczył dąb</p>			
Dlaczego?	Perspektywy ogólnospołeczne i gospodarcze	<p>Tworzenie scenariuszy przyszłych wydarzeń</p> <p>Rozwijanie społeczeństwa informacyjnego i kapitału intelektualnego</p> <p>Strategia debuty wiosna; Odnosić sukces. Rozwijaj, umacniać, implementować w praktyce przemysłowej w celu odniesienia spektakularnego sukcesu.</p>			
Co?	Strategia dla technologii Oddziaływanie otoczenia Wartość technologii	<p>Narzędzia bazujące na stalach szybkotnących; węglakach spiekanych; cermetach; ceramice azotkowej; tlenkowej i silonowej; ceramice wieloskładnikowej; funkcjonalnych materiałach gradientowych, materiałach inteligentnych</p> <p>(7) Dość wysoka</p> <p>Stale szybkotnące; węglaki spiekane; cermetale; ceramika azotkowa, tlenkowa i silonowa; ceramika wieloskładnikowa, funkcjonalne materiały gradientowe, materiały inteligentne</p> <p>Najczęściej stosowane warstwy powłok wielowarstwowych: Ti(B,N), Ti(C,N), Ti(C,N), (Ti,Zr)N, (Al,Ti)N, (Ti,Al,Si)N, (Al,Cr)N</p> <p>Polepszenie własności mechanicznych i użytkowych, w szczególności: mikrotwardości, adhezji i odporności na ścieranie</p> <p>Zmniejszenie chropowatości, współczynnika tarcia i reaktywności chemicznej</p> <p>Mikroskopy; świetlne, konfokalny, skaningowy elektrony (SEM), transmisyjny elektrony (TEM), sił atomowych (AFM); dyfraktometr i mikroanalizator rentgenowski; spektrometry; wyładowania jarzeniowego (GDOES), emisji atomowej (AES), wzbudzenia promieniowaniem rentgenowskim (XPS); urządzenia do pomiaru twardości, mikrotwardości i ścieralności; profilometr.</p>			
Jak?	Technologia Faza cyklu życia Typ produkcji Forma organizacji prod. Nowoczesność parku maszynowego Automatyzacja i robotyzacja Jakość i niezawodność Proekologiczność	<p>Osadzanie frakcyjne z fazy gazowej (PVD) multiwarstwowych (n≥10) powłok na spiekane materiały narzędziowe</p> <p>(7) Wzrostowa</p> <p>Wielkoseryjna</p> <p>Wielkoseryjna</p> <p>Gniazdowa rytmiczna</p> <p>(10) Wybitnie wysoka</p> <p>(10) Wybitnie wysoka</p> <p>(8) Wysoka</p> <p>(10) Wybitnie wysoka</p> <p>(9) Bardzo wysoka</p> <p>(10) Wybitnie wysoka</p> <p>Duże i średnie przedsiębiorstwa, centra naukowo-badawcze, parki technologiczne</p> <p>Działy przemysłu zgłaszające zapotrzebowanie na twarde i superwarde narzędzia, tj. przemysły lotniczy, militarny, maszynowy i budownictwo</p>			
Gdzie?	Rodzaj organizacji Reprezentowane gałęzie przemysłu	<p>(9) Bardzo wysoki</p> <p>(8) Wysokie</p> <p>(10) Wybitnie wysokie</p> <p>(8) Wysoka</p> <p>(7) Dość wysoka</p> <p>(4) Dość wysoka</p> <p>(3) Niska</p> <p>Związki przyczynowo-skutkowe</p>			
Kto?	Poziom edukacji pracowników Zaangażowanie kadry naukowo-badawczej	<p>(9) Bardzo wysoki</p> <p>(8) Wysokie</p> <p>(10) Wybitnie wysokie</p> <p>(8) Wysoka</p> <p>(7) Dość wysoka</p> <p>(4) Dość wysoka</p> <p>(3) Niska</p> <p>Powiązania kapitałowe</p>			
Ile?	Wartość produkcji w firmie warunkująca opłacalność Wartość produkcji w kraju	<p>(9) Bardzo wysoki</p> <p>(8) Wysokie</p> <p>(10) Wybitnie wysokie</p> <p>(8) Wysoka</p> <p>(7) Dość wysoka</p> <p>(4) Dość wysoka</p> <p>(3) Niska</p> <p>Dwukierunkowe przepływy danych i/lub zasobów</p>			
LEGENDA:		<p>→ Związki przyczynowo-skutkowe</p> <p>.....→ Powiązania kapitałowe</p> <p>.....→ Korelacje czasowe</p> <p>↔ Dwukierunkowe przepływy danych i/lub zasobów</p>			

Rysunek 39. Przykładowa mapa drogowa technologii dotycząca wytwarzania multiwarstwowych (n≥10) powłok PVD naniesionych na spiekane materiały narzędziowe; współautorzy: A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, J. Mikuta

a)

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII		Nazwa technologii	Metoda zol-żel	Nr katalogowy					
		Obszar tematyczny	Inżynieria powierzchni materiałów konstrukcyjnych niemetalowych	P3-06-2010/11					
Istota zjawiska fizykochemicznego				Wpływ aplikacji technologii na przewidywane i oczekiwane własności materiału	Poziom				
Proces zol-żel wytwarzania powłok jest wieloetapowy, składa się z hydrolizy prekursora (otrzymanie zolu), żelowania (kondensacja), suszenia i densyfikacji. Pierwszym etapem jest sporządzenie roztworów koloidalnych (zoli) w wyniku hydrolizy i kondensacji zastosowanych prekursorów. Dalsza kondensacja prowadzi do polimeryzacji, czyli tworzenia dużych przestrzennych cząsteczek, w których atomy metalu lub niemetalu podstawowego połączone są między sobą mostkami tlenowymi. Reakcjami chemicznymi zachodzącymi podczas procesu zol-żel są hydroliza, kondensacja i polikondensacja. Przejście pomiędzy stanem zolu i kompletnego żelu przebiega w sposób ciągły, co związane jest z płynną zmianą własności reologicznych tworzącej się powłoki, a zwłaszcza lepkości.				Biokompatybilność	Wysoki (8)				
				Porowatość	Umiarkowany (6)				
				Przewodnictwo cieplne	Średni (5)				
				Biodegradowalność	Średni (5)				
				Brak kruchości	Średni (5)				
				Energooszczędność	Średni (5)				
				Podatność na łączenie	Średni (5)				
				Niezwilżalność	Dość niski (4)				
Rodzaj możliwej powłoki/ warstwy wierzchniej lub procesów zachodzących na powierzchni podłoża				Skuteczność przeciwdziałania technologii skutkom zużycia	Poziom				
×	jednowarstwowa	×	wielofazowa	×	amorficzna	Zużycie ścierne	Dość niski (4)		
×	wielowarstwowa		gradientowa	×	nanokrystaliczna	Korozyja naprężeniowa i zmęczeniowa	Dość niski (4)		
	multiwarstwowa (>100 warstw)	×	kompozytowa	×	hybrydowa	Pitting (zużycie gruzelkowe)	Dość niski (4)		
	przemiany fazowe powierzchni podłoża		zmiana składu chemicznego na powierzchni podłoża		procesy fizyczne na powierzchni podłoża	Korozyja lokalna i wżerowa	Dość niski (4)		
Szczegółne własności powłok/ warstw wierzchnich/ powierzchni podłoża w wyniku zajścia procesów				Scuffing	Dość niski (4)				
×	mechaniczne		magnetyczne	×	optyczne	×	trybologiczne	Zużycie adhezyjne	Dość niski (4)
×	chemiczne		dyfuzyjne	×	termiczne	×	antykorozyjne	Fretting	Dość niski (4)
×	elektryczne		hydromechaniczne		akustyczne		Inne	Korozyja równomierna	Dość niski (4)
Zalety			Wady			Sekcje przemysłu wg klasyfikacji PKD o najwyższej aplikacyjności technologii			Poziom
Nietoksyczność otrzymanych materiałów; dobre własności mechaniczne otrzymanych powłok; niska temperatura procesu.			Niedostateczna adhezja powłoki z materiałem podłoża; niska odporność na ścieranie; duża porowatość.			Badania naukowe i prace rozwojowe			Umiarkowany (6)
Najbardziej perspektywiczne technologie szczegółowe i/lub obszary zastosowań				Produkcja wyrobów z gumy i tworzyw sztucznych			Niski (3)		
Szerokie perspektywy aplikacji na bazie ceramiki, szkła, polimerów, biomateriałów i drewna. Wytwarzanie cienkich warstw, w tym nanowarstw w produkcji membran, sensorów, implantów i wszczepów medycznych. Produkcja szkła specjalnych i synteza materiałów szkła-kryształicznych.				Produkcja (...) mineralnych surowców niemetalowych			Niski (3)		
Technologie zastępcze/ alternatywne				Produkcja komputerów (...)			Niski (3)		
Natryskiwanie; fizyczne osadzanie z fazy gazowej (PVD).				Produkcja pojazdów samochodowych (...)			Bardzo niski (2)		
Rekomendowane źródła literaturowe				Produkcja pozostałego sprzętu transportowego			Bardzo niski (2)		
1 Llc Books (ed.), Thin Film Deposition: Evaporation, Chemical Vapor Deposition, Sol-Gel, Focused Ion Beam, Thermal Spraying, Diamond-Like Carbon, Books LLC, Tennessee, 2010.				Działalność w zakresie architektury i inżynierii (...)			Bardzo niski (2)		
2 S. Sakka (ed.), Sol-gel science and technology, Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, 2003.				Produkcja wyrobów, pozostała			Minimalny (1)		
3 B.A. Akgun, C. Durucan, N.P. Mellott, Effect of silver incorporation on crystallization and microstructural properties of sol-gel derived titania thin films on glass, Journal of Sol-Gel Science Technology 58/1 (2011) 277-289.				Aplikacyjność metod modelowania i sterowania komputerowego w odniesieniu do technologii			Poziom		
				Systemy ekspertowe			Dość wysoki (7)		
				Modelowanie wieloskalowe			Dość wysoki (7)		
				Analiza fraktalna			Dość wysoki (7)		
				Metody Monte Carlo			Dość wysoki (7)		
				Logika rozmyta			Dość wysoki (7)		
				Aktualna faza cyklu życia technologii			Wzrostowy (7)		
				Perspektywy rozwojowe			Dość wysoki (7)		

b)

KARTA INFORMACYJNA TECHNOLOGII	Nazwa technologii	Metoda zol-żel	Nr katalogowy
	Obszar tematyczny	Inżynieria powierzchni materiałów konstrukcyjnych niemetalowych	P3-06-2010/11
Opis przebiegu procesu technologicznego			
<ul style="list-style-type: none"> Przygotowanie powierzchni do nakładania powłok; Rozproszenie koloidalnych cząstek w cieczy w celu otrzymania roztworu zolu; Nanoszenie roztworu zolu jako powłoki na podłoże; Polimeryzacja cząstek zolu w wyniku usunięcia elementów stabilizujących oraz powstanie usieciowanego żelu; Końcowa obróbka cieplna (piroliza) pozostałych składników organicznych i nieorganicznych i powstanie powłoki o strukturze amorficznej lub krystalicznej. <p>Technika zol-żel oferuje wiele metod syntezy nowatorskich i wysoce zaawansowanych wielofunkcyjnych materiałów i umożliwia przystosowanie ich własności do różnych zastosowań, w tym jako powłoki ochronne na powierzchnię konstrukcyjnych materiałów niemetalowych. Poszczególne czynności wykonywane podczas procesu wytwarzania powłok ceramicznych metodą zol-żel (nakładanie, suszenie, wypalanie) są zbliżone do tradycyjnej technologii ceramicznych powłok wypalanych. Jednakże w każdym etapie metody zol-żel dominują procesy i reakcje chemiczne, które są dość łatwe do kontroli oraz przebiegają w dość niskiej temperaturze.</p>			
Ogólne fizykochemiczne warunki realizacji procesu technologicznego			
Standardowy zakres parametru procesu	Jednostka	od	do
Temperatura	°C	20	1400
Ciśnienie	-	-	-
Warunki prądowo-napięciowe	-	-	-
Czas	h	1	kilkadziesiąt
Środowisko/ atmosfera	Roztwory wodne; związki chemiczne		
Specyficzne warunki realizacji procesu	Reakcje chemiczne		
Metod(a)-y wstępnego przygotowania materiału podłoża			
Oczyszczanie wstępne: mechaniczne; chemiczne; fizyczne; fizykochemiczne.			
Typ/ rodzaj urządzenia			
-			
Specyficzne oprzyrządowanie			
-			
Schemat ogólny/przykładowy przebiegu procesu uzyskiwania produktów technologią zol-żel.			

Rysunek 40. Przykładowa karta informacyjna technologii dotycząca metody zol-żel zaimplementowanej w obszarze inżynierii materiałów konstrukcyjnych niemetalowych; a) 1. strona; b) 2. strona; współautorzy: A.D. Dobrzańska-Dankiewicz, K. Lukaszewicz

Uszczegółowieniem i uzupełnieniem map drogowych technologii są **karty informacyjne technologii**, zawierające informacje techniczne stanowiące istotną pomoc podczas wdrażania danej technologii w praktyce przemysłowej, w szczególności w małych i średnich przedsiębiorstwach (MSP), niedysponujących kapitałem pozwalającym na przeprowadzenie badań własnych w tym zakresie. Karty informacyjne technologii zawierają: opis przebiegu procesu technologicznego i charakterystykę zjawiska fizykochemicznego towarzyszącego procesom technologicznym, zalety i wady danej technologii, najbardziej perspektywiczne technologie szczegółowe oraz technologie zastępcze/ alternatywne. W karcie informacyjnej technologii określono ponadto rodzaje możliwej do naniesienia powłoki/ warstwy wierzchniej lub procesów zachodzących na powierzchni podłoża, a także szczególne własności powłok/ warstw wierzchnich/ powierzchni podłoża nabyte w wyniku przebiegu procesów technologicznych. Szczególne miejsce poświęcono także ogólnym fizykochemicznym warunkom realizacji procesu technologicznego, metodom przygotowania materiału podłoża, typowi/ rodzajowi urządzeń naukowo-badawczych i możliwemu specyficznemu oprzyrządowaniu. Ponadto wyniki badań pozyskanych drogą badań eksperckich pozwoliły na zamieszczenie w opracowanych kartach następujących danych określonych z wykorzystaniem uniwersalnej skali stanów względnych: wpływu aplikacji technologii na przewidywane i oczekiwane własności materiału, skuteczności przeciwdziałania technologii skutkom zużycia, sekcji przemysłu wg klasyfikacji PKD o najwyższej aplikacyjności technologii, aplikacyjności metod modelowania i sterowania komputerowego oraz perspektyw rozwojowych poszczególnych analizowanych technologii. Dodatkowo każda karta informacyjna technologii zawiera ogólny lub przykładowy schemat rozpatrywanego procesu produkcyjnego oraz trójelementowy wykaz rekomendowanych źródeł literaturowych. Przykładową kartę informacyjną technologii dotyczącą metody zol-żel, możliwej do implementacji m.in. w obszarze materiałów konstrukcyjnych niemetalowych, przedstawiono na rysunkach 40 a) i b).

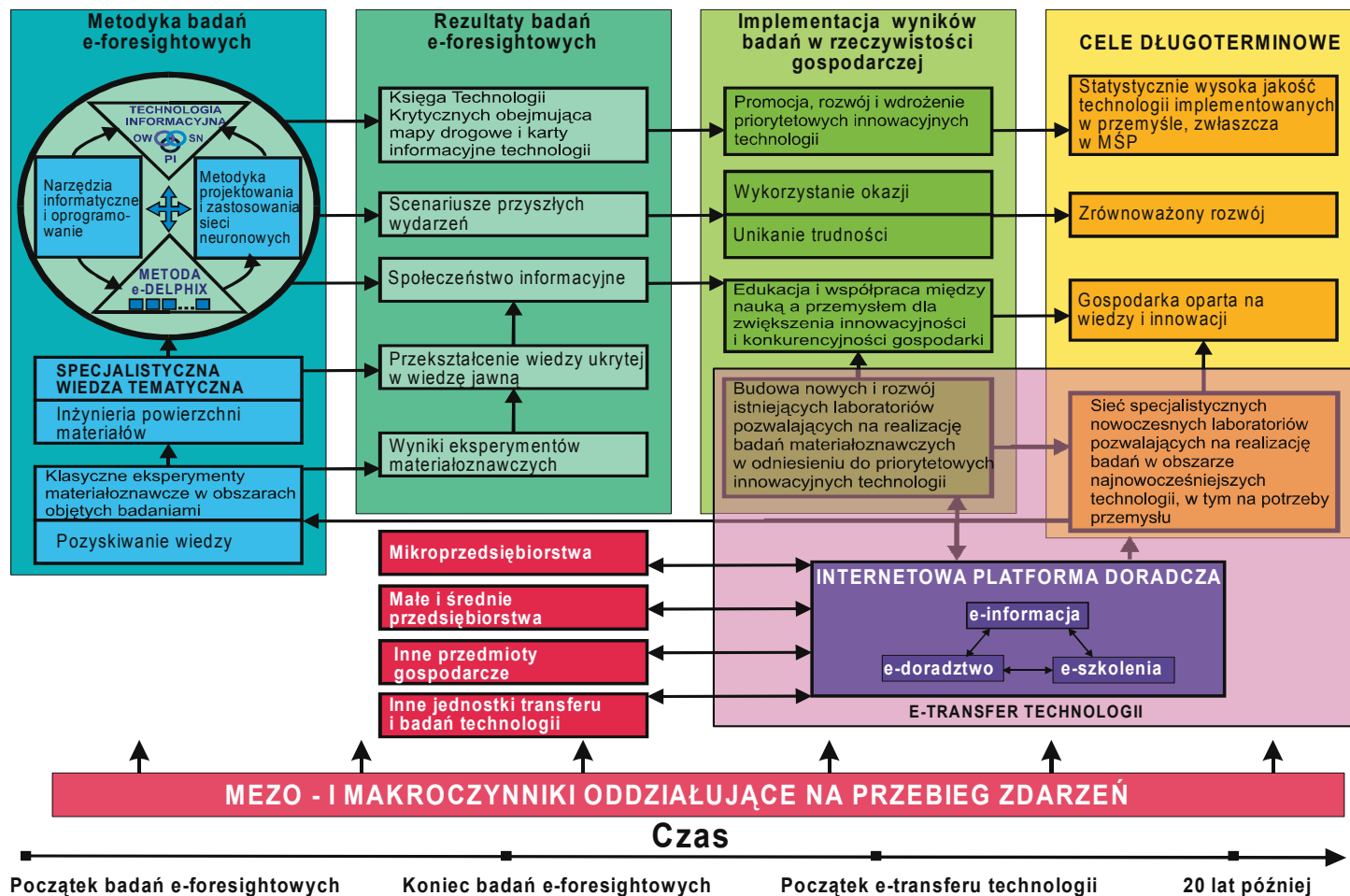
Planuje się, że Księga Technologii Krytycznych, obejmująca mapy drogowie i karty informacyjne technologii, zostanie opublikowana w formie książkowej, lecz przede wszystkim ma ona zaistnieć jako e-Księga Technologii Krytycznych inżynierii powierzchni materiałów, ponieważ informacje w niej zawarte będą głównie rozpowszechniane z użyciem Internetu bez żadnych ograniczeń i bezpłatnie, z wykorzystaniem ogólnodostępnej (*Open Access*) platformy internetowej, zgodnie z nowo opracowaną koncepcją e-transferu technologii [99, 161, 175].

4.5. E-transfer technologii

Istnieje merytoryczne uzasadnienie, aby wyniki badań [159] zostały wdrożone i praktycznie wykorzystane w rzeczywistości gospodarczej. Jednym z ogólnych celów wykonanych prac jest animacja debaty publicznej, w której uczestniczyli krajowi i zagraniczni przedstawiciele świata nauki, gospodarki i administracji publicznej, skutkujące upowszechnieniem wyników badań w środowiskach zainteresowanych podjętą tematyką. Debata publiczna przyczynia się do dalszego zacieśniania współpracy pomiędzy sferą badawczo-rozwojową a gospodarką i aktywizacji przepływu kadr między tymi grupami, co jest również użyteczną konsekwencją działań realizowanych w ramach prowadzonych badań własnych [159], powodującą polepszenie pozycji konkurencyjnej gospodarki i nauki polskiej na tle innych państw Europy i Świata. Zagadnienie współpracy na linii Nauka-Przemysł zostało ocenione przez ekspertów uczestniczących w badaniach e-foresightowych, jako jeden z najistotniejszych czynników determinujących przyszły rozwój inżynierii powierzchni materiałów inżynierskich. Prawdziwość tak sformułowanej tezy potwierdziło 80% spośród 227 ankietowanych ekspertów [159].

Utworzona platforma internetowa umożliwi ogółowi społeczeństwa, a w szczególności środowiskom przemysłowym, ośrodkom naukowym i organizacjom społecznym, pozyskiwanie w dowolnym momencie szczegółowych informacji dotyczących celów i założeń wykonanych, a także aktualnie realizowanych badań, śledzenie wyników tych prac oraz wyrażanie własnych opinii w ramach konsultacji społecznych *on-line*, co zapewnia występowanie pętli sprzężenia zwrotnego. Promocję wyników badań oraz szerokie wykorzystanie elektronicznych narzędzi, takich jak strona internetowa, bazy danych o technologiach kształtowania własności warstw powierzchniowych materiałów inżynierskich i biomedycznych oraz produktach, do których mogą być zastosowane, a także konferencje, warsztaty i seminaria zapewnią dostęp do wyników badań bardzo szerokiemu gronu użytkowników.

Rozszerzenie celów e-foresightu na sferę aplikacji i implementacji wiedzy o wyselekcjonowanych technologiach kształtowania struktury i własności warstw powierzchniowych materiałów inżynierskich i generalnie technologiach procesów materiałowych i przetwórstwa materiałów inżynierskich, głównie w przemyśle maszynowym i elektrotechnicznym, jest zapewnione przez opracowaną koncepcję centrum **e-transferu technologii** [99, 161, 175] i zadań towarzyszących temu procesowi. Związki pomiędzy procesami e-foresightu a e-transferu technologii przedstawiono schematycznie na rysunku 41. Celem tych działań jest praktyczna

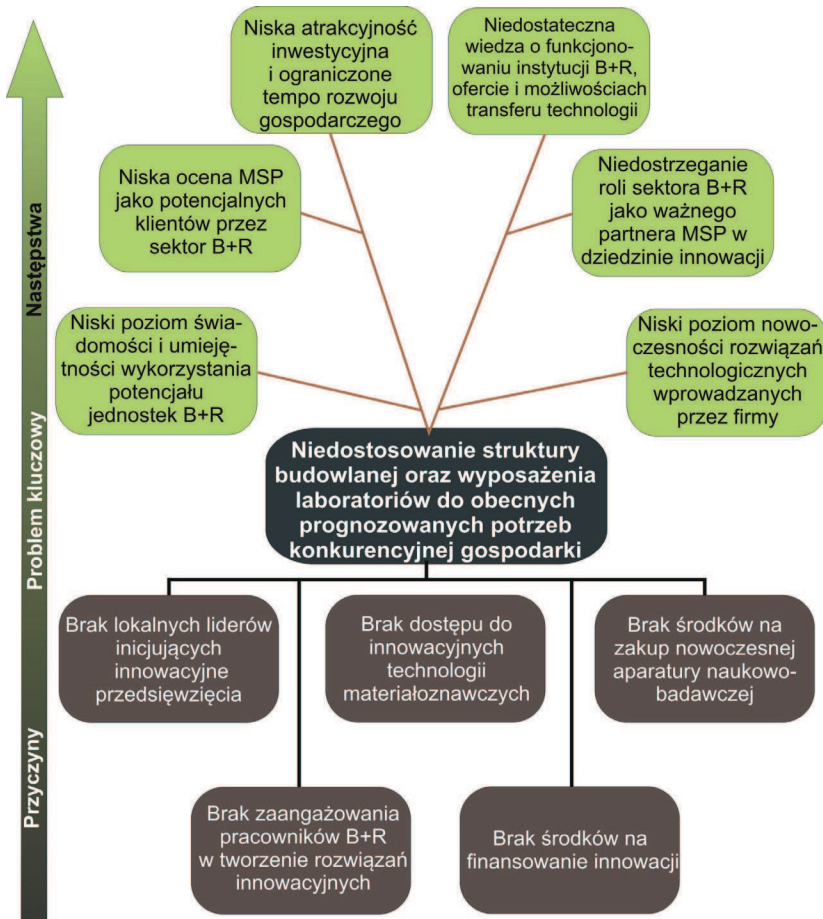


Rysunek 41. Proces e-foresightu a e-transfer technologii [99, 161, 175]; OW – organizacja wirtualna, SN – sieci neuronowe, PI – platforma internetowa

implementacja nowoczesnych technologii w wymienionym zakresie przez małe i średnie firmy, co ma zapewniać podniesienie ich innowacyjności i konkurencyjności. Nowe centrum transferu technologii ma być grupą Pracowni i Zespołów Tematycznych. Poszczególne Zespoły będą realizować zadania polegające na transferze technologii, jednak bez świadczenia usług i dedykowania ofert konkretnym przedsiębiorstwom, udostępniając bezpłatnie, na odpowiednio opracowanej platformie internetowej, informacje i wiedzę dotyczącą materiałów inżynierskich oraz technologii procesów materiałowych i obróbki powierzchni, wynikające z wykonanych badań e-foresightowych oraz bieżącego monitorowania problemów materiałoznawczych. Zadania te określono jako e-transfer technologii bądź też elektroniczny transfer technologii (ang.: *technology electronic transfer*), który ma być realizowany na bieżąco, bez żadnych ograniczeń i bezpłatnie, z wykorzystaniem ogólnodostępnej (*Open Access*) platformy internetowej. Rola pierwszego Zespołu polega na doradztwie, sprowadzającym się do możliwości swobodnego i nieograniczonego korzystania przez zainteresowane podmioty z udostępnionych na odpowiednich stronach platformy map drogowych i kart informacyjnych, dotyczących priorytetowych innowacyjnych technologii inżynierii powierzchni materiałów, które będą systematycznie uzupełniane o najnowsze wyniki badań. Działalność kolejnego Zespołu, realizującego funkcję e-szkolenia również zgodnie z formułą *Open Access*, ma polegać na udostępnieniu *on-line* stosownych materiałów szkoleniowych i zapewnieniu beneficjentom możliwości samooceny stanu wiedzy, dotyczącej technicznego doboru materiałów inżynierskich oraz technologii procesów materiałowych i obróbki powierzchni z wykorzystaniem dedykowanych temu zadaniu kart samooceny wiedzy. Beneficjent, biorący udział w e-szkoleniu, w pierwszej kolejności dokonuje wstępnej samooceny poziomu wiedzy na podstawie generowanych systemowo wyników wypełnionego przez niego testu, pobiera dostępne *on-line* materiały szkoleniowe i po przestudiowaniu zalecanych opracowań ponownie dokonuje samooceny dla określania poczynionych postępów. Cykl ten może być wielokrotnie powtórzony aż do osiągnięcia rezultatów satysfakcjonujących beneficjenta. Zespół informacyjny ma być natomiast skupiony na przekazywaniu w trybie otwartym e-informacji o rozwoju zasobów platformy internetowej i podejmowanych inicjatywach e-transferu technologii oraz możliwościach adaptacji nowoczesnych technologii przez małe i średnie przedsiębiorstwa. Podstawą funkcji doradczych, szkoleniowych i informacyjnych, jako istoty e-transferu technologii, będą specjalistyczne badania materiałoznawcze wykonywane w Pracowniach tematycznych, realizujących prace badawcze, zgodnie z trendami i kierunkami rozwoju

wytyczonymi w drodze badań e-foresightowych oraz monitorowanie problemów, do realizacji których planuje się wykorzystanie specjalistycznej aparatury naukowo-badawczej. Przedstawione na rysunku 42 *drzewo problemów* wskazuje przyczyny determinujące problem kluczowy oraz precyzuje przewidywane konsekwencje zaistniałych zdarzeń w skali kraju, choć z dużą dozą prawdopodobieństwa można przypuszczać, że podobne zagadnienia są rozpatrywane także w skali Europy, a nawet Świata.

Nowatorska koncepcja e-transferu technologii, związana z e-doradztwem, e-szkoleniem i e-informacją, wspierana własnymi badaniami naukowymi w zakresie tematyki wynikającej z przeprowadzonych uprzednio badań e-foresightowych i monitoringu aktualnych problemów będących podstawą e-transferu technologii, będzie rozwijana i stanowi istotny wkład w rozwój



Rysunek 42. Drzewo problemów [175]

nauki o komputerowo wspomaganym zarządzaniu wiedzą. Zaproponowane podejście umożliwi praktyczną implementację wykonanych badań materiałoznawczo-heurystycznych w przemyśle. Synergiczne oddziaływanie obu koncepcji e-foresightu oraz e-transferu technologii tworzy pełny i zintegrowany system predykcji rozwoju technologii kształtowania struktury i własności warstw powierzchniowych oraz implementacji wyników tych badań w szerokim środowisku menadżerów i inżynierów zatrudnionych w jednostkach przemysłowych. Zgodnie z przyjętymi założeniami koncepcyjnymi, każdy zainteresowany, w dowolnym momencie i bez jakichkolwiek ograniczeń, będzie mógł zapoznać się z całością informacji, a monitoring aktualnych problemów, jako jedynie pośrednia forma interakcji z przedsiębiorstwami, ma umożliwić ukierunkowanie prac badawczych na zaspokojenie realnych potrzeb gospodarki opartej na wiedzy i innowacji.