

Tadeusz Krupa

Politechnika Warszawska

HIERARCHICZNY MODEL PROCESÓW PODEJMOWANIA DECYZJI Z WIELOPOZIOMOWYMI OGRANICZENIAMI I SPRZECZNOŚCIAMI – ROZWAŻANIA I PROPOZYCJE

Streszczenie: Typowym procesom podejmowania decyzji w systemach hierarchicznych towarzyszą zjawiska ograniczeń i sprzeczności, które powinny być identyfikowane i zarządzane. Technika AIDA została wybrana jako punkt wyjścia do budowy modelu podejmowania decyzji. Jej zakres wykorzystania i zastosowań został poszerzony o metodę modelowania procesów decyzyjnych w strukturach hierarchicznych z wielopoziomowymi ograniczeniami i sprzecznościami.

1. Wstęp

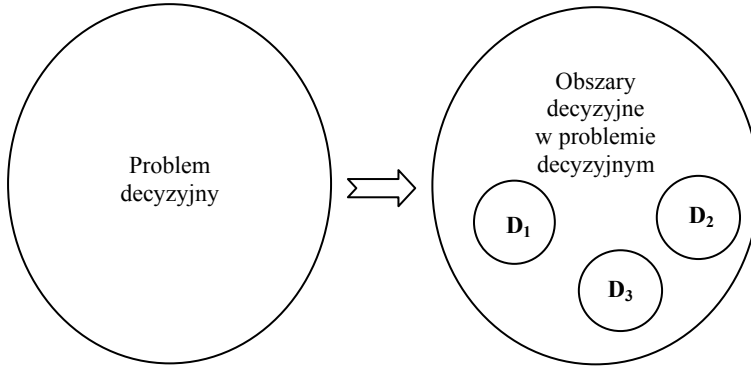
Celem budowy hierarchicznego modelu procesów podejmowania decyzji jest przedstawienie procesu decyzyjnego z towarzyszącymi mu ograniczeniami i sprzecznościami. Za punkt wyjścia do tego postępowania przyjęto rozszerzoną technikę AIDA (*Analysis of Interconnected Decision Areas*) [Krupa, Stępowski 1979, s. 58].

Na potrzeby modelu proces decyzyjny jest rozumiany jako proces przygotowywania alternatywnych wariantów decyzji oraz proces dokonywania wyboru jednego z nich do dalszej konkretyzacji (wykonania decyzji).

Proces decyzyjny może przebiegać w pojedynczej warstwie problemowej (proces płaski, por. rys. 1 i 2) lub może przyjmować postać wielowarstwową (proces hierarchiczny). Procesy decyzyjne płaskie odnoszą się do realizacji prostych zadań polegających na przetworzeniu pojedynczego zasobu (por. rys. 3) lub scaleniu dostępnych zasobów zgodnie ze znaną procedurą (technologią).

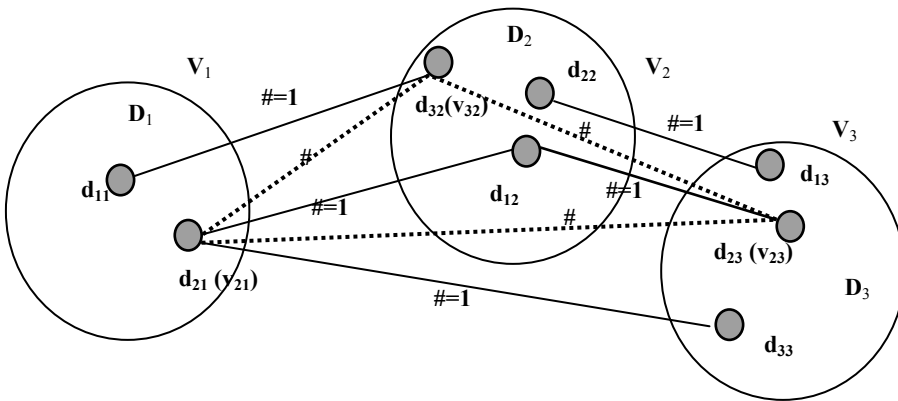
Przygotowanie alternatywnych wariantów decyzji polega na określeniu dla zadania problemu decyzyjnego odpowiadających mu obszarów decyzyjnych, z których pobierane będą składowe decyzji (elementarne decyzje) w taki sposób, aby w budowanym wariantcie decyzji nie były one względem siebie sprzeczne (zob. rys. 2).

Każdej decyzji złożonej z n -ki elementarnych decyzji odpowiada zasób o znanych cechach i ich wartościach (por. rys. 3). Cechy tego zasobu mogą być również utożsamiane z cechami jego zasobów składowych (por. rys. 4).



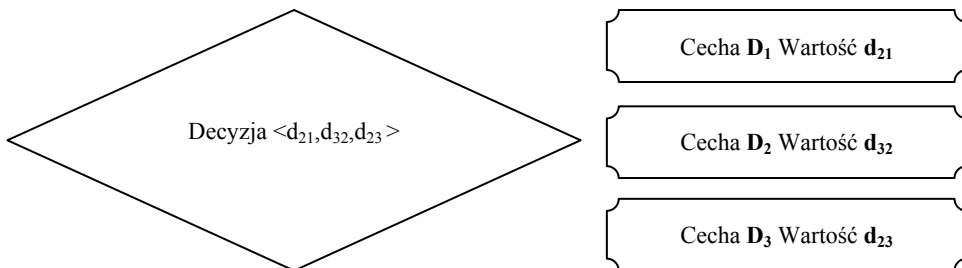
Rys. 1. Model problemu decyzyjnego z przykładem trzech obszarów decyzyjnych D_1, D_2, D_3

Źródło: opracowanie własne.



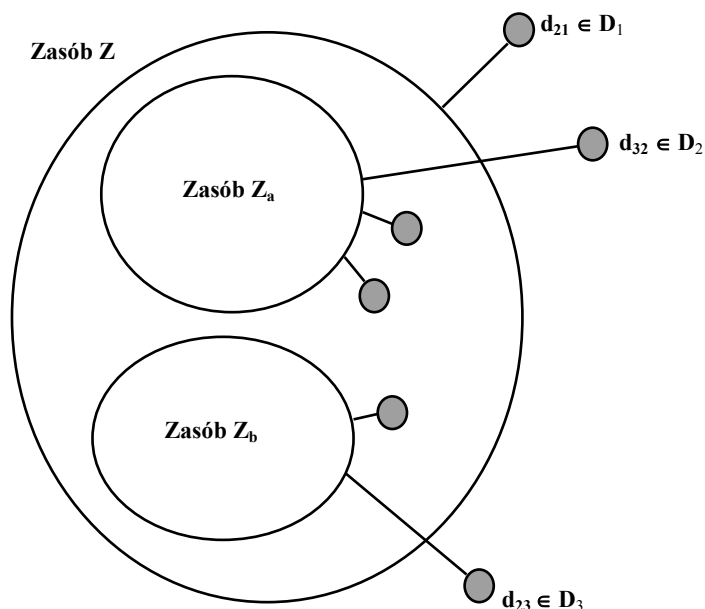
Rys. 2. Model wariantu decyzji (elementarne decyzje d_{21}, d_{32}, d_{23} połączone przerywaną linią) na tle modelu problemu decyzyjnego (linia ciągła $\# = 1$ – pełna sprzeczność; linia przerywana $0 \leq \# < 1$)

Źródło: opracowanie własne.



Rys. 3. Elementarne decyzje d_{21}, d_{32}, d_{23} i odpowiadające jej cechy i wartości cech zasobu

Źródło: opracowanie własne.



Rys. 4. Hipergrafowy model struktury zasobu z niektórymi cechami interpretowanymi jako obszary decyzyjne i przynależne im elementarne decyzje (D_1 , D_2 i D_3)

Źródło: opracowanie własne.

2. Postępowanie

Problemy i procesy decyzyjne wynikają z celów, jakie stawia przed sobą organizacja. Cel określa zadania, jakie wyznacza sobie przedsiębiorstwo. Zadania opisane w kontekście czasu, miejsca i kosztów ich wykonania stanowią plan organizacji. Dla realizacji każdego z zadań określa się problem decyzyjny, którego rozwiązaniem będzie decyzja i odpowiadający jej zasób spełniający warunki sformułowane w zadaniu.

Część zadań ze względu na swą złożoność (brak zasobów bezpośrednio spełniających warunki zadania) będzie wymagała sformułowania celów częściowych i odpowiadających im zadań częściowych. W celu wykonania zadań częściowych zostaną sformułowane odpowiadające im kolejne problemy decyzyjne i zasoby jako rozwiązania – w ten sposób powstaje hierarchiczny (wielowarstwowy) problem decyzyjny i odpowiadający mu hierarchiczny model procesów podejmowania decyzji. W dalszej części artykułu przedstawiono listę kluczowych stosowanych w opisie modelu.

Zadanie to sformułowanie problemu decyzyjnego, którego rozwiązaniem jest decyzja polecająca uzyskanie pożądanego zasobu w określonych warunkach (miejsce, czas, koszt).

Zasób to wyróżniony rzeczywisty (finalny) lub hipotetyczny (opisowy, informacyjny) fragment większej całości o ustalonych cechach i wartościach cech należących do zamkniętych (skończonych) repertuarów odpowiednio cech i wartości cech. Warunkiem uzyskania zasobu rzeczywistego (finalnego) jest uprzednie uzyskanie opisującego go zasobu hipotetycznego.

Problem decyzyjny to zbiór obszarów decyzyjnych specyfikujących poszczególne aspekty (pola) problemu decyzyjnego wynikającego z przyjętego do realizacji zadania. Jeden z obszarów decyzyjnych tego zbioru powinien zawierać elementarne decyzje wskazujące alternatywne procedury transformacji (scalenia lub przekształcania) zasobu.

Obszar decyzyjny to zbiór alternatywnych względem siebie elementarnych decyzji, któremu przypisano procentową wagę V_i istotności tego obszaru w relacji do całego problemu decyzyjnego.

Elementarna decyzja to decyzja, której podjęcie jest wymagane do opracowywania alternatywnych wariantów decyzji i dokonywania spośród nich najbardziej korzystnego wyboru. Każdej elementarnej decyzji d_{ji} jest przypisana jej waga procentowa v_{ji} w relacji do pozostałych elementarnych decyzji. Jedna spośród elementarnych decyzji danego wariantu decyzji powinna należeć do wyróżnionego obszaru decyzyjnego, którego elementami są wyłącznie elementarne decyzje odpowiadające procedurom transformacji (scalenia lub przekształcania) zasobów.

Decyzja to uporządkowana n -ka elementów wskazywanych do realizacji utworzona z elementarnych decyzji należących do zbiorów alternatywnych względem siebie wariantów elementarnych decyzji nazywanych obszarami decyzyjnymi. Decyzja jest interpretowana jako inicjacja (uruchomienie) zadania, w wyniku realizacji którego powstanie zasób o cechach i wartościach cech odpowiadających obszarom decyzyjnym i wskazanym w nich pojedynczym elementarnym decyzjom.

Jeżeli nie istnieje hipotetyczny/rzeczywisty zasób spełniający warunki zadania w zakresie cech i wartości cech, to formułowany jest płaski problem decyzyjny, którego rozwiązaniem jest decyzja polecająca uzyskanie hipotetycznego/rzeczywistego zasobu w określonych warunkach (miejsce, czas, koszt).

Jeżeli struktura zasobu nie jest znana, to do jej określenia jest konieczne sformułowanie hierarchicznego problemu decyzyjnego, którego rozwiązanie (dekompozycja) doprowadzi do procesu decyzyjnego i realizacji (uzyskania) pożądanego hipotetycznego/rzeczywistego zasobu i jego zasobów składowych.

3. Ograniczenia i sprzeczności

Na obszary decyzyjne oraz zawarte w nich zbiory elementarnych decyzji ze względów praktycznych nakładane są:

- Ograniczenia procentowo wartościujące istotność obszarów decyzyjnych V_i oraz wagi v_{ji} elementarnych decyzji wszystkich obszarów decyzyjnych, których suma w każdym obszarze decyzyjnym jest równa 1.

Przykład:

$$\begin{array}{lll} V_1 = 20 & V_2 = 30 & V_3 = 50 \\ v_{11} = 0,75 & v_{12} = 0,50 & v_{13} = 0,40 \\ v_{21} = 0,25 & v_{22} = 0,10 & v_{23} = 0,30 \\ & v_{32} = 0,40 & v_{33} = 0,30 \end{array}$$

Q – ocena wariantu decyzyjnego,

$$Q = V_1 \times v_{21} + V_2 \times v_{32} + V_3 \times v_{23} = 20 \times 0,25 + 30 \times 0,40 + 50 \times 0,30 = 32.$$

- Sprzeczności (#) na skali [0,1] charakterystyczne dla relacji zachodzących między elementarnymi decyzjami należącymi do par różnych obszarów decyzyjnych; ograniczenia te określają wzrost kosztów jednoczesnego wystąpienia pary elementarnych decyzji tworzących daną sprzeczność.

Przykład:

$$\begin{array}{l} d_{21} \# d_{32} = 0,20 \\ d_{21} \# d_{23} = 0,10 \\ d_{32} \# d_{23} = 0,15 \\ \# \{ d_{21}, d_{32}, d_{23} \} = \\ = [d_{21} \# d_{32} \times (v_{21} + v_{32})] + [d_{21} \# d_{23} \times (v_{21} + v_{23})] + [d_{32} \# d_{23} \times (v_{32} + v_{23})] = \\ = 0,20 \times 0,65 + 0,10 \times 0,55 + 0,15 \times 0,70 = 0,130 + 0,055 + 0,105 = 0,290. \end{array}$$

Porównanie wartości Q i # obliczanych dla poszczególnych decyzji umożliwia dokonanie wyboru najbardziej korzystnego wariantu.

W dalszych rozważaniach będziemy przyjmować występowanie jedynie dwu rodzajów sprzeczności w parach elementarnych decyzji:

$$d_{ip} \# d_{jq} = 0 \text{ (brak sprzeczności)} \quad d_{ip} \# d_{jq} = 1 \text{ (pełna sprzeczność)}$$

4. Projektowanie decyzji za pomocą techniki AIDA

Początkowa faza tego postępowania to określenie obszarów decyzyjnych zapisywanych w postaci tzw. zbiorów formujących. Każdy z obszarów decyzyjnych ma właściwości homeologiczne, tzn. jego elementy w określonych wariantach rozwiązania mogą być zamieniane przez inne. Iloczyn kartezjański wszystkich obszarów decyzyjnych wyznacza przestrzeń decyzyjną [Krupa 1992, s. 86; Krupa, Ostrowska 1998, s. 212].

Technika AIDA może być wykorzystana w dwu odmiennych celach:

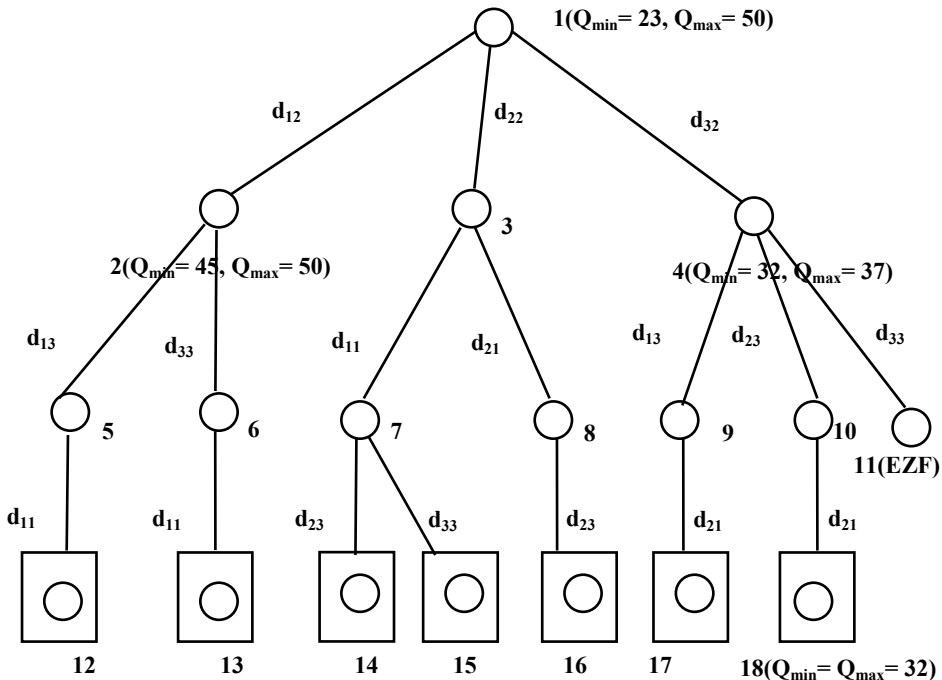
- do generowania dopuszczalnych wariantów decyzji przestrzeni decyzyjnej D w postaci drzewa decyzji T^D ,
- do wskazywania perspektywicznych trajektorii rozwiązań na T^D .

W pierwszym przypadku za pomocą techniki AIDA jest prowadzony proces dekompozycji obszarów decyzyjnych do postaci wariantów decyzji, spośród których dokonywany jest ostateczny wybór. W drugim przypadku technika AIDA służy do „szybkiego” wskazywania perspektywicznych trajektorii prowadzących do poszukiwanych wariantów decyzji.

Procesy generowania elementów i trajektorii przestrzeni \mathbf{D} powinny być oceniane ilościowo i jakościowo. Obiecującym zastosowaniem techniki AIDA jest wykorzystanie jej w sytuacjach dużych oraz złożonych przestrzeni decyzyjnych – tzn. wszędzie tam, gdzie moment podjęcia decyzji powinien być poprzedzony fazą generowania wszystkich lub prawie wszystkich wariantów decyzyjnych. W pewnych zastosowaniach praktycznych liczyć się należy również z tym, że ze względu na ograniczony czas przeznaczony na podjęcie decyzji – lub też ze względu na znaczne koszty opracowywania wariantów decyzyjnych – technika AIDA może pomóc w przygotowaniu ograniczonej liczby wariantów decyzyjnych, wśród których znajdować się powinien wariant najbardziej korzystny.

5. Płaski problem decyzyjny

Przestrzeń analizy morfologicznej problemu decyzyjnego \mathbf{D} zapisujemy w postaci iloczynu kartezjańskiego obszarów decyzyjnych $\mathbf{D}_1 \times \mathbf{D}_2 \times \dots \times \mathbf{D}_m$ lub w postaci zbioru wektorów $\{<\mathbf{d}_{j1}, \mathbf{d}_{j2}, \dots, \mathbf{d}_{jm}>\}$ przy założeniu, że $\mathbf{d}_{ji} \in \mathbf{D}_i$, gdzie: obszar decyzyjny (zbiór formujący) jest oznaczony jako \mathbf{D}_i , a \mathbf{d}_{ji} jest odpowiednio j -tym elementem tego obszaru (elementarną decyzją), a moc dowolnego obszaru decyzyjnego $|\mathbf{D}_i|$ jest wielkością skończoną.



Rys. 5. Drzewo rozwiązań; wierzchołki 12 - 18 (SWZF)

Źródło: opracowanie własne.

Obszar decyzyjny składa się ze zbioru wzajemnie wykluczających się elementarnych decyzji. Obszar decyzyjny nie może być zbiorem pustym – musi zawierać co najmniej jedną elementarną decyzję.

Rozwiązaniem problemu decyzyjnego będzie zdefiniowanie zbioru obszarów decyzyjnych $\{D_i\}$ oraz wygenerowanie i ocenienie na drzewie rozwiązań (por. rys. 5) poprawnych wektorów $\langle d_{j_1}, d_{j_2}, \dots, d_{j_m} \rangle$.

Dzięki zastosowaniu modelu grafowego oraz uporządkowanej dekompozycji obszarów decyzyjnych w istotny sposób przyspiesza się generowanie i analizę wariantów decyzyjnych. Wierzchołki grafu odpowiadające elementom jednego obszaru decyzyjnego łączymy krawędziami. Krawędzie symbolizują fakt alternatywności łączonych elementów. Ze względu na aprioryczne kolizje niektórych elementów należących do różnych obszarów decyzyjnych odpowiednie wierzchołki grafu oznaczone tymi elementami również łączymy krawędziami z symbolem #. Przykład ilustrujący dotychczasowe postępowanie jest pokazany na rys. 2.

6. Generowanie wariantów decyzyjnych

Procedura generowania wariantów decyzyjnych jest oparta na dekompozycji modelu grafowego przestrzeni decyzyjnej. Dekompozycja polega na systematycznym wydzieleniu wariantów stabilnych wewnątrz zbiorów formujących. Stabilnym wewnątrz nazywamy taki zbiór formujący elementów zbioru decyzji (ze wszystkich obszarów decyzyjnych), który spełnia następujące dwa warunki:

- zbiór zawiera tyle elementów decyzyjnych, ile jest obszarów decyzyjnych,
- zbiór nie zawiera par eliminujących się decyzji.

Z warunków tych wynika, że stabilny wewnątrz zbiór formujący zawiera tylko po jednej decyzji z każdego obszaru decyzyjnego. Na przykład: dla obszarów decyzyjnych D_1, D_2, D_3 (por. rys. 2) stabilne wewnątrz będą zbiory $\{d_{11}, d_{22}, d_{33}\}$, $\{d_{11}, d_{12}, d_{13}\}$, $\{d_{21}, d_{32}, d_{23}\}$.

Generowanie wariantów decyzyjnych przebiega następująco:

- (a) określana jest moc każdego zbioru formującego;
- (b) zbiory formujące porządkuje się zgodnie z nierosnącym uporządkowaniem wartości ich mocy (możliwe są również inne kryteria określania kolejności dekompozycji zbiorów tworzących, np. według malejącej liczby powiązań alternatywnych z pozostałymi zbiorami tworzącymi);
- (c) zbiory formujące decyzji należących do wszystkich obszarów decyzyjnych rozszczepiane są na tyle grup zbiorów, jak wielka jest moc zbioru formującego wybranego do dekompozycji w pkt (b);
- (d) formowany jest kolejny wierzchołek drzewa rozwiązań i wychodzące z niego krawędzie, którym przyporządkowuje się odpowiednie grupy zbiorów formujących.

Przy tworzeniu grup zbiorów formujących należy pamiętać, aby nie zawierały one decyzji alternatywnych w stosunku do decyzji, względem której następuje roz-

szczepienie zbiorów formujących. Jeżeli moc któregoś zbioru formującego jest równa 0, to dana grupa zbiorów jest eliminowana z procesu rozszczepiania i oznaczana jako **EZF** (eliminowany zbiór formujący). Jeżeli moc wszystkich zbiorów formujących pewnej grupy jest równa 1, to dana grupa jest wariantem stabilnego wewnętrznie zbioru decyzji i jest oznaczana jako **SWZF** (stabilny wewnętrznie zbiór formujący). Zbiory formujące pozostałych grup porządkowane są według kryterium pkt (b) i rozpoczyna się ponowna realizacja operacji (c) i (d).

Operacje (a)-(d) są powtarzane tak długo, aż w grupach zbiorów formujących pozostaną jedynie grupy oznaczone jako **EZF** lub **SWZF**. Grupy oznaczone jako **SWZF** stanowią zbiór wszystkich możliwych wariantów decyzyjnych takich, że żaden wariant nie zawiera pary alternatywnych decyzji.

Realizację operacji (a)-(d) ilustruje rys. 5. Na drzewie rozwiązań warianty decyzyjne **SWZF** oznaczono ramką. Dla wierzchołka 2 i 3 drzewa T^p obliczono Q_{\min} oraz Q_{\max} .

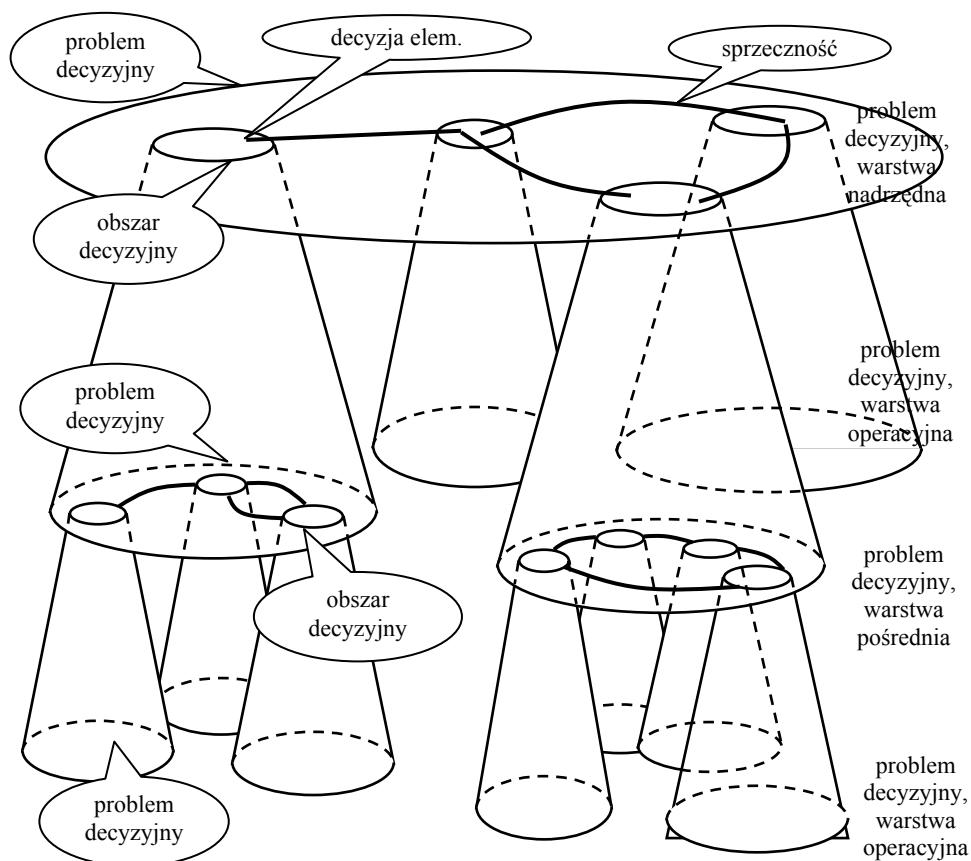
7. Podejmowanie decyzji w systemie hierarchicznym

W systemie hierarchicznym decyzje podejmowane są na kilku poziomach (warstwach) na podstawie sytuacji zaistniałej na warstwach sąsiednich. Proces projektowania i podejmowania decyzji zależy w takim przypadku od charakteru organizacji – zawsze jednak decyzje w warstwach wyższych są kształtowane na podstawie stanu realizacji zadań w warstwach niższych – i symetrycznie – zadania w warstwach niższych są formułowane na podstawie decyzji w warstwach wyższych [Krupa, Ostrowska 2007, s. 86].

Możemy więc obserwować dwa przeciwbieżne strumienie – strumień decyzji i strumień informacji o stanie realizacji zadań. Na każdej z warstw realizowane są zadania i odbywają się procesy podejmowania decyzji. Rysunek 6 ilustruje wzajemne rozmieszczenie problemów decyzyjnych na warstwach nadrzędnej, pośrednich i na warstwie operacyjnej. Łatwo zauważyć, że obszar decyzyjny (zawierający elementarne decyzje) warstwy wyższej staje się problemem decyzyjnym warstwy bezpośrednio niżej położonej.

Proces podejmowania decyzji w systemie hierarchicznym jest procesem uwarunkowanym kontekstowo – w warstwie nadrzędnej, na poziomie zarządu organizacji, decyzje są uzależnione od aktualnie realizowanej strategii biznesowej oraz ogólnego stanu wykonania zadań w warstwach pośrednich i w warstwie operacyjnej.

W warstwach pośrednich podejmowanie decyzji jest determinowane wynikami warstw niższych i planistycznymi parametrami decyzji warstw wyższych. W warstwie operacyjnej podjęcie decyzji jest istotnie ograniczone determinizmem jej obszarów decyzyjnych. Istotnym parametrem procesów decyzyjnych jest czas i związana z nim koordynacja decyzji.



Rys. 6. Model problemu decyzyjnego w systemie hierarchicznym

Źródło: opracowanie własne.

Literatura

- Krupa T., *Formułowanie zadania projektowego morfologiczną techniką AIDA*, [w:] W. Gasparski, D. Miller (red.), *Projektowanie i systemy*, Prace PAN nr XI, Warszawa 1990, s. 45-65.
- Krupa T., *Model systemu wspomaganie rozmytych procesów decyzyjnych*, [w:] R. Knosal (red.), *Komputerowo zintegrowane zarządzanie*, WNT, Warszawa 1998, s. 203-212.
- Krupa T., *Morfologia struktur informacyjnych – technika AIDA w zadaniach projektowych*, [w:] T. Kasprzak (red.), *Systemy wspomaganie decyzji wielokryterialnych*, Wydawnictwo Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa 1992, s. 86-157.
- Krupa T., Ostrowska T., *Multilayer Decision Support Model for Value and Cost Analysis of IT Solutions – Hierarchical Approach*, [w:] Int. Conf. – Managing Worldwide Operations and Communications with Information Technology, IRMA Canada Vancouver 2007, s. 86-90.
- Krupa T., Stępowski M., *Rozszerzona technika AIDA*, „Problemy Organizacji” 1979, nr 2, s. 58-80.

HIERARCHICAL MODEL OF DECISION MAKING PROCESSES WITH MULTILAYER CONSTRAINTS AND CONTRADICTIONS – DELIBERATIONS AND SUGGESTIONS

Summary: Routine processes of decision making in hierarchical systems are accompanied by constrain and contradiction phenomena which should be identified and managed. AIDA method was selected as a starting point for the creation of the decision making model. Its scope of use and implementation was expanded to decision making process modeling in a hierarchically structured organization with multilayer constraints and contradictions.