

Patrycja Trojczak

ZASTOSOWANIE PRESKRYPTYWNEGO STEROWANIA ROZMYTEGO W PROCESIE FORMUŁOWANIA STRATEGII ZARZĄDZANIA PRZEDSIĘBIORSTWEM

Streszczenie

W artykule prezentowane jest deskryptywne i preskryptywne podejście do sterowania rozmytego złożonymi systemami. Zaproponowano sterownik rozmyty jako narzędzie wspierające zarządzanie strategiczne w przedsiębiorstwie. Pokazano jak za pomocą preskryptywnego sterowania rozmytego możliwe jest generowanie projektów rozwiązań konkretnych problemów ekonomicznych oraz formułowania optymalnych strategii rozwoju. Wykazano również możliwość oceny efektywności zaproponowanych rozwiązań.

Słowa kluczowe:

Sterowanie rozmyte, zarządzanie strategiczne, logika rozmyta, podejście preskryptywne, kierowanie przedsiębiorstwem

1. Wstęp

Zarządzanie przedsiębiorstwem może być skuteczne, tzn. prowadzić do założonych celów, tylko w przypadku, gdy decyzje kierownicze oparte są na racjonalnych podstawach. Kierownik podejmując decyzje najpierw odwołuje się do wszelkich dostępnych informacji, które mają znaczenie dla podejmowanych decyzji, następnie przetwarza je za pomocą zbioru dostępnych metod, które umożliwiają ocenę sytuacji gospodarczej, ewentualnych kierunków przyszłych działań. Jako że przedsiębiorstwo należy do systemów złożonych, jest ono konglomeratem struktur personalnych, materialnych, finansowych, informacyjnych, które są wzajemnie ze sobą powiązane, zjawiska ekonomiczne obserwowane w przedsiębiorstwie są skumulowanym skutkiem wielu zdarzeń cząstkowych zaistniałych w różnych obszarach struktury systemu i często w odległych od siebie, momentach czasowych. Ze względu na złożoność i spójność systemu ekonomicznego skuteczną metodą analizy firmy winna oceniać przedsiębiorstwo w sposób całościowy, holistyczny z uwzględnieniem informacji ilościowych i jakościowych, czynników statycznych i dynamicznych. Klasyczne techniki analityczne (np. wskaźnikowa, porównawcza, różnic cząstkowych, podstawień krzyżowych) mają charakter wycinkowy, a obszar ich stosowania jest ograniczony do oceny zjawisk w ujęciu statycznym, i zwykle z uwzględnieniem informacji podanej wyłącznie w formie ilościowej. Ich zastosowanie w praktyce jest uzależnione od przyjęcia wielu założeń upraszczających, redukujących rzeczywistą złożoność analizowanego problemu ekonomicznego.[1]

Stąd potrzeba nowych rozwiązań, które uwzględniłyby tę złożoność, a także pozwoliłyby na uwzględnienie aspektów jakościowych. Pełna ocena sytuacji ekonomicznej przedsiębiorstwa musi zawierać ocenę jakościową, na którą składają się takie elementy jak perspektywy rozwojowe, pozycja na rynku, kierownictwo, referencje bankowe, kapitał ludzki czy system komunikacji w firmie. [3] Aby można było skonstruować system analityczny uwzględniający całościowo specyfikę przedsiębiorstwa należy odwołać się do metod

naśladowujących ludzką percepcję. Niewątpliwie należą do nich metody logiki rozmytej. Logika wielowartościowa zaproponowana przez Zadeha w 1965 wraz z opartym na niej systemem wnioskowania okazała się doskonałym mechanizmem do zastosowań, w których logika dwuwartościowa sobie nie radzi. Oparta jest na bazie reguł IF-THEN, a tworzenie tych reguł jest proste i naturalne.

Klasyczna teoria zbiorów zakłada, że dowolny element należy lub nie należy do danego zbioru, natomiast w teorii zbiorów rozmytych element może częściowo należeć do danego zbioru. Przynależność taka wyraża się przy pomocy liczby rzeczywistej z przedziału [0,1]

Zbiory z określoną funkcją przynależności jak w powyższym wzorze są nazywane *zbiorami rozmytymi*. Praca systemu decyzyjnego opartego na logice rozmytej zależy od definicji reguł rozmytych w bazie reguł. Reguły te mają postać IF...AND...THEN. np.:

IF a is $A1$ AND b is $B1$ THEN c is $C1$

IF a is $A2$ AND b is NOT $B2$ THEN c is $C2$

gdzie: a , b , c są zmiennymi lingwistycznymi, natomiast $A1$, ..., $C2$ są podzbiórmi rozmytymi. Istotną cechą odróżniającą reguły rozmyte od klasycznych reguł IF-THEN jest wykorzystanie zmiennych opisujących zbiory rozmyte, występowanie mechanizmu określającego stopień przynależności elementu do zbioru oraz wykorzystanie operacji na zbiorach rozmytych. Zasady te mają daleko idące konsekwencje w procesie wnioskowania. [4] Logika ta najlepiej sprawdza się we wszelkich zjawiskach, w których dokładne szacowanie wartości wejściowych nie jest możliwe i systemach na tyle złożonych, że mniej jest możliwe precyzyjne formułowanie twierdzeń ich dotyczących.

2. Struktura zarządzania przedsiębiorstwem

Celem długookresowym każdego przedsiębiorstwa jest maksymalizacja wartości rynkowej firmy. To jemu podporządkowane są działania kierownictwa firmy. Co ważne, decyzje podejmowane na każdym szczeblu powinny być podporządkowane głównemu celowi. Struktura zarządzania w przedsiębiorstwie ma charakter hierarchiczny. Wyróżnić w niej można trzy podstawowe szczeble[2]:

- zarządzanie operacyjne

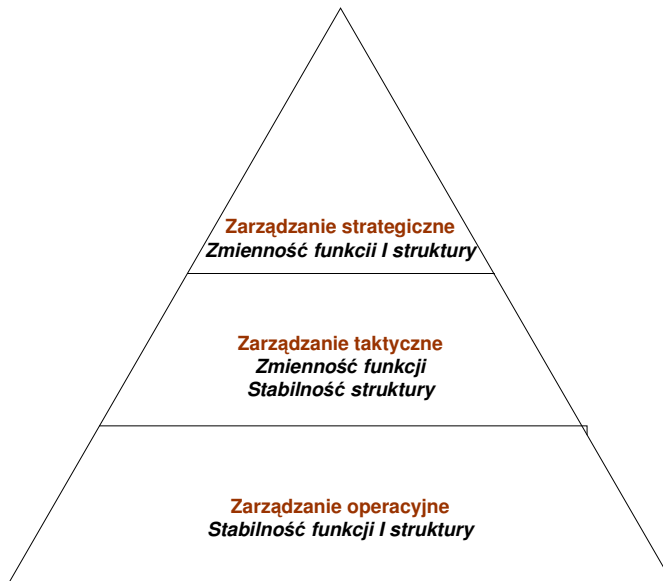
Jest prowadzone w warunkach stabilności funkcji i struktury przedsiębiorstwa i dotyczy rutynowych decyzji, które mają na celu podtrzymanie bieżącej działalności firmy, a więc m.in. regulowanie bieżących zobowiązań, utrzymywanie planowanego poziomu produkcji czy dziennej płynności finansowej.

- zarządzanie taktyczne

W zarządzaniu taktycznym dopuszcza się ingerencję w funkcje przedsiębiorstwa, ale przy zachowaniu struktury przedsiębiorstwa. Na przykład modernizacja aparatu wytwórczego, zmiana formy rozliczania z odbiorcami, itd. to typowe przykłady tego typu zarządu.

- zarządzanie strategiczne

Ten typ zarządzania dotyczy zasadniczych zmian strukturalnych, których celem ma być radykalna zmiana funkcji przedsiębiorstwa. Radykalne zmiany to np. nowy kształt struktury majątku produkcyjnego związany z nowym profilem produkcji, czy reorganizacja struktury finansowania przedsiębiorstwa, czy nawet zupełnie nowe zasady podziału zysku.



Rys. 1 Piramida zarządzania firmą 1 [2]

Na poziomie strategicznym decyzje mają charakter długookresowy i wpływają znacząco na przedsiębiorstwo. Cechą charakterystyczną tego typu zarządzania jest podejmowanie decyzji przez ustalenie wartości pewnych parametrów ekonomiczno-finansowych i za ich pomocą kodowania swojej długoterminowej strategii zarządzania. O tym, że niewłaściwe decyzje strategiczne są zgubne dla przedsiębiorstwa, a nawet mogą zagrozić jego istnieniu nie trzeba przekonywać. Wystarczy wziąć pod uwagę jak wiele środków finansowych, materialnych i osobowych trzeba zaangażować, aby np. przebudować potencjał produkcyjny. Dlatego tego typu decyzje muszą być podejmowane w oparciu o rzetelne przesłanki informacyjne i podejmowane po przeanalizowaniu wszelkich możliwych wariantów rozwoju sytuacji. Niezwykle pomocny w takiej sytuacji jest system analityczny, i to zarówno w fazie zbierania danych, ich przeliczania, a przede wszystkim w fazie formułowania projektów decyzji. Ta zdolność do generowania potencjalnych scenariuszy wraz z oceną ich efektywności odróżnia systemy wspierania decyzji strategicznych od systemów wspierania decyzji operacyjnych czy taktycznych, które bazują zwykle na arkuszach kalkulacyjnych czy też programach raportująco-ewidencjonujących. Specyfika systemów wspierania decyzji strategicznych wymaga odrębnego podejścia do ich konstrukcji.

3. Sterowanie rozmyte

Kierowanie przedsiębiorstwem to proces sterowania złożonym systemem, który posiada wiele wejść i wyjść. W przypadku przedsiębiorstwa zmiennymi charakteryzującymi mogą być zyski, wielkość sprzedaży, wielkość kosztów, majątku własnego, wartości rynkowej akcji, itd. a także zmienne jakościowe takie jak perspektywy rozwojowe, jakość kadry kierowniczej, kapitał ludzki, know-how firmy czy system komunikacji. Zmienne charakteryzowane zależą od rozpatrywanego aspektu i mogą dotyczyć zarówno formułowania optymalnej struktury produkcji czy też najodpowiedniejszej strategii marketingowej, jednak wszystkie one podporządkowane są maksymalizacji wartości przedsiębiorstwa.

W kierowaniu przedsiębiorstwem stosować można sterowanie rozmyte choćby z uwagi, że doskonale sprawdza się w sterowaniu skomplikowanymi systemami oraz korzysta z nieprecyzyjnej wiedzy operatora systemu.

Sterowanie rozmyte „w klasycznym” deskryptywnym podejściu nie polega na budowie modelu układu sterowanego (jak w sterowaniu tradycyjnym), ale opiera się na wiedzy pozyskanej od doświadczonych w sterowaniu ekspertów, którzy byli w stanie wyrazić swoją wiedzę w postaci werbalnej. Wiedza o tym jak należy sterować może być wyrażona

precyzyjnie (np. dane ze sprawozdań finansowych) lub też w postaci twierdzeń lingwistycznych, np. „Jeżeli know-how jest *małe* zwiększ *mocno* nakład na badania”. Po opracowaniu wiedzy ekspertów i uporządkowaniu reguł otrzymujemy bazę reguł, która określa jak należy sterować systemem, aby uzyskać dobre wyniki. Warto zauważyć, że w tym podejściu znana jest dobra strategia sterowania dla pewnego kryterium np. minimalizacji kosztów działalności, ale nie wiadomo czy jest ona najlepsza, czy może istnieje inna, lepsza, dzięki której można by szybciej lub bardziej zmniejszyć koszty. Podejście to nie uwzględnia zupełnie pojęcia jakości sterowania Kolejną wadą podejścia deskryptywnego jest jego wrażliwość na zmianę wymagań procesu sterowania. Gdy np. zamiast minimalizacji kosztów istotna stanie się poprawa wizerunku firmy wówczas skonstruować należy zupełnie nową bazę wiedzy. [5].

Odpowiedzią na wady podejścia „klasycznego” jest podejście preskryptywne, choć historycznie starsze (pojawiało się już w latach sześćdziesiątych Chang 1968, Bellman i Zadeh 1970) nie znalazło tak dużego zainteresowania jak podejście deskryptywne, które wykorzystano w wielu zastosowaniach praktycznych.

Podejście preskryptywne opiera się na trzech założeniach:

- znany jest model (dynamika) układu sterowanego
- znane są wymagania nałożone na proces sterowania, np. pewne ograniczenia (finansowe, strukturalne)
- sterowanie optymalne wyznacza się stosując pewien algorytm

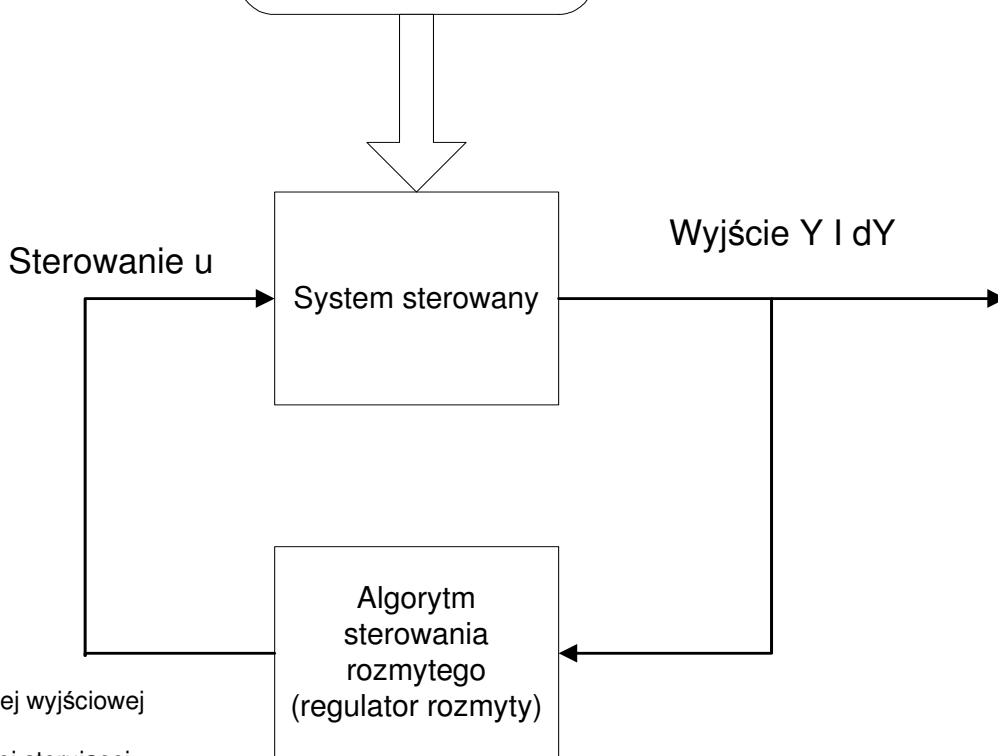
Jak widać w podejściu preskryptywnym nie opisuje się „jak sterować”, a określa się jak robić to najlepiej.

Rozmytość podejścia preskryptywnego nie przejawia się w rozmytych regułach sterowania, a w określeniu ograniczeń rozmytych (otoczenia), określeniu celów rozmytych (połączenie celów rozmytych i ograniczeń rozmytych stanowi funkcję celu) oraz określeniu modelu, czyli dynamiki przejść sterowanego układu. Stany mogą być określone nieprecyzyjnie (za pomocą zmiennych decyzyjnych) lub też sama dynamika może być znana w sposób nieprecyzyjny. Podejście preskryptywne pozwala nam, więc optymalizować algorytm sterowania, który operuje na zmiennych rozmytych.

Warto również zauważyć, że o ile w przypadku podejścia deskryptywnego korzystamy z wiedzy ludzkiej do określenia strategii sterowania o tyle w podejściu preskryptywnym wykorzystujemy ją do określania dynamiki zachowania systemu oraz opisu wymagań, które mają być spełnione.



- Znam model systemu (określenie wyjścia oraz funkcję wejścia)
- nie wiem **jak najlepiej** sterować, ale chcę to określić



Y - wartość zmiennej wyjściowej
dY - zmiana Y
u - wartość zmiennej sterującej

Rys. 2 Podejście preskrytywne [5]

4. Przykład zastosowywania preskryptywnego sterowania rozmytego w formułowaniu strategii przedsiębiorstwa (przykład własny)

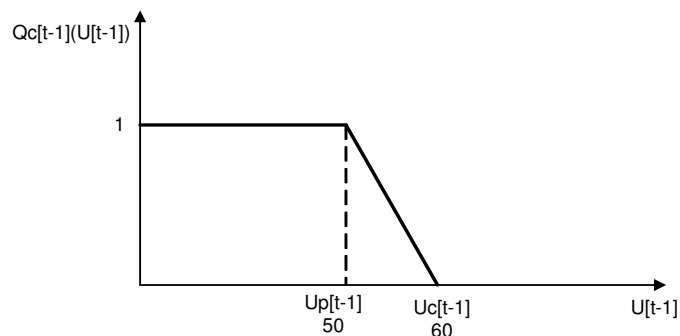
Z uwagi na ograniczoność miejsca oraz dydaktyczny charakter zaprezentowany przykład będzie mocno uproszczony na potrzeby tego artykułu.

Sytuacja przedstawia się następująco: Przedsiębiorca odkupił małe przedsiębiorstwo produkcyjne, które znajduje się na skraju upadłości. Jego kondycja finansowa jest kiepska, zakład zadłużony jest na kwotę. Dotychczasowy udział w rynku lokalnym wynosi zaledwie 5 %, czyli 100 tys. egzemplarzy. Nowy właściciel zamierza zainwestować w zakupioną firmę własny kapitał, tak, aby przekształcić to przedsiębiorstwo w prężną średniej wielkości firmę o znaczącym udziale w rynku. Kwota inwestycji to około 50 tys. Należy zaproponować mu najlepszą strategię finansowania na okres 2-letni.

Funkcją celu w tym przypadku będzie poprawa kondycji przedsiębiorstwa, podcelami służącymi celów głównemu są tu zwiększenie produkcji (zakład nie wykorzystuje teraz w pełni swoich mocy produkcyjnych) oraz zmniejszenie zadłużenia firmy (sięga obecnie 60 tys.) w

znacznym stopniu (inne czynniki zostały tu celowo pominięte) przy uwzględnieniu warunku ograniczającego, jakim jest kwota inwestycji. Oznacza to, że celem będzie znalezienie takiej strategii inwestowania, która maksymalizuje nam zadowolenie z osiągnięcia podcelów oraz spełnienia ograniczeń.

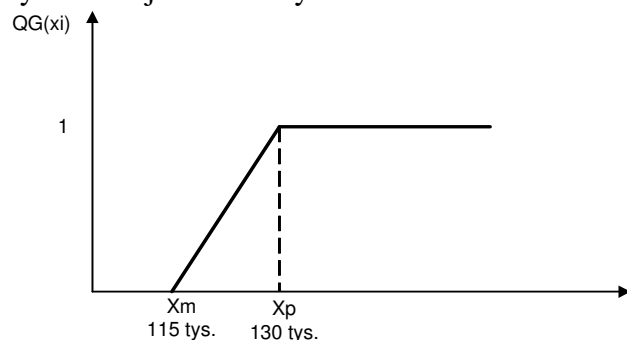
Ograniczenie (ale również czynnik sterujący) (planowana kwota inwestycji $U_p=50$ tys.) ma charakter rozmyty, bowiem przedsiębiorca może zainwestować mniej (co zdecydowanie spełni nałożone ograniczenia $Q_c(U)=1$) lub też w uzasadnionym przypadku odrobinę więcej (max to $U_c=60$ tys.). Jednakże istnieje górna granica możliwości wykorzystania środków, choćby z uwagi na techniczne ograniczenia produkcji (zakładam, że firma nie zajmuje się działalnością stricte finansową).



Rys. 3 Ograniczenia rozmyte na kwotę inwestycji (oprac. własne)

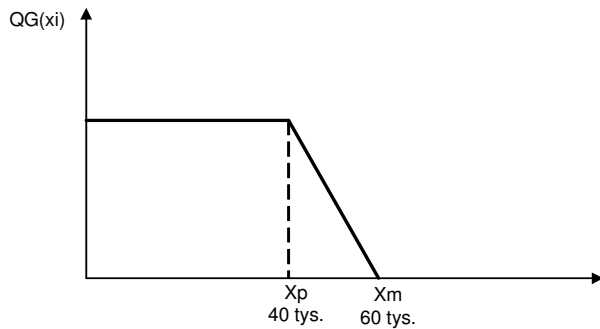
Funkcje podcelu:

Zwiększenie produkcji to również funkcja rozmyta. Kozzystając z wiedzy ekspertów ustalamy, że w pierwszym roku działalności z uwagi na warunki rynkowe i techniczne produkcja powinna wzrosnąć od poziomu minimum 110 tys. do poziomu przynajmniej 120 tys., natomiast w drugim roku od poziomu minimum 115 tys. do poziomu przynajmniej 130 tys. Koszt jednostkowy to 1 zł.



Rys. 4 Podcel rozmyty – produkcja w 2 roku (oprac. własne)

Zmniejszenie zadłużenia ma charakter rozmyty. Ustalono, że w pierwszym roku w pełni zadowalającym poziomem będzie 40 tys., natomiast w drugim nie powinno wynieść więcej jak 45 tys. i powinno zmniejszyć się do przynajmniej 30 tys.



Rys. 5 Podcel rozmyty – zadłużenie w 1 roku (oprac. własne)

Przedsiębiorca założył, że będzie przeznaczal 60 % kwoty na zwiększenie produkcji oraz 40 % na zmniejszenie zadłużenia. Rozpatrujemy 2 strategie:

Strategia 1: Inwestowanie w 2 transzach 30 tys., 20 tys.

Strategia 2 : Inwestowanie w 2 transzach 35 tys. 15 tys.

Rok 0 : $U_{p0} = 25$ tys. $U_{c0} = 40$ tys.

Rok 1: $U_{p1} = 15$ tys. $U_{c1} = 25$ tys.

$QG1(X_{m1}) = 110$ tys $QG1(X_{p1}) = 120$ tys.

$QG1(X_{m2}) = 60$ tys. $QG1(X_{p2}) = 45$ tys.

Rok 2 :

$QG2(X_{m1}) = 115$ tys $QG2(X_{p1}) = 130$ tys.

$QG2(X_{m2}) = 50$ tys. $QG2(X_{p2}) = 40$ tys.

Operację agregacji warunków ograniczających oraz funkcji podcelu utożsamiałam z operacją minimum. Takie utożsamienie odzwierciedla postawę pesymistyczną oraz brak substytucyjności (niska wartość jednego wskaźnika nie może być zrekompensowana innym) [5].

Strategia 1:

$Q_d(30 \text{ tys.}, 20 \text{ tys.}) = Q_{c0}(30 \text{ tys.}) \wedge (QG1(18 \text{ tys.}) \wedge QG1(12 \text{ tys.})) \wedge Q_{c1}(20 \text{ tys.}) \wedge (QG2(12 \text{ tys.}) \wedge QG2(8 \text{ tys.})) = 0,6 \wedge 0,8 \wedge 0,6 \wedge 1 \wedge 1 \wedge 1 = 0,6$

Strategia 2:

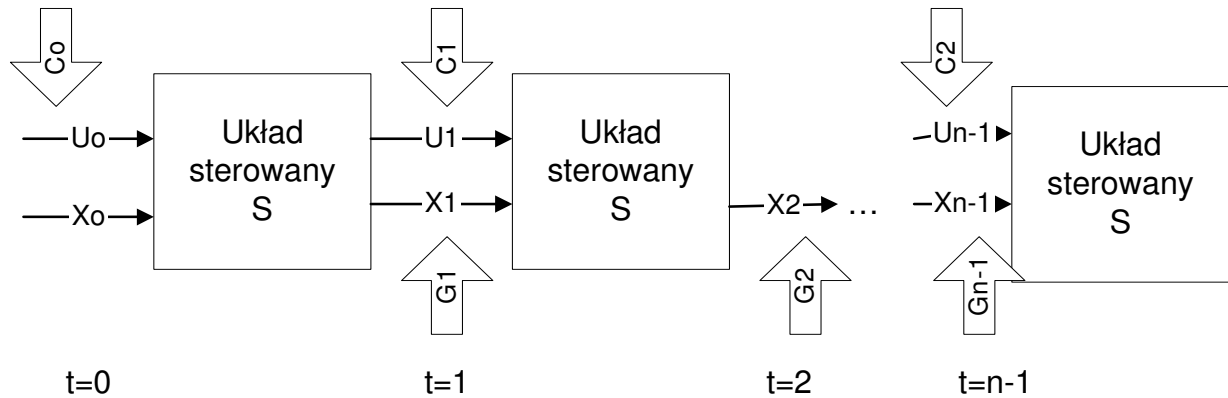
$Q_d(35 \text{ tys.}, 15 \text{ tys.}) = Q_{c0}(35 \text{ tys.}) \wedge (QG1(21 \text{ tys.}) \wedge QG1(14 \text{ tys.})) \wedge Q_{c1}(15 \text{ tys.}) \wedge (QG2(9 \text{ tys.}) \wedge QG2(6 \text{ tys.})) = 0,3 \wedge 1 \wedge 0,9 \wedge 1 \wedge 1 \wedge 1 = 0,3$

W analogiczny sposób można uwzględnić inne elementy modelu przedsiębiorstwa, a także analizować strategie wieloletnią. Istnieje również możliwość użycia innych funkcji agregacji, np. t-normą, sumą ważoną (postawa umiarkowana), maksimum (postawa optymistyczna) czy s-normą.

W przykładzie analizowane są dwa scenariusze, przy czym strategia pierwsza daje wyższy poziom zadowolenia (lepsza kondycja przedsiębiorstwa) niż strategia druga, stąd zalecane jest aby finansowanie przedsiębiorstwa odbyło się w dwóch transzach 30 tys i 20 tys.. Sdtosując pierwszą strategię uzyskuje się lepszą jakość sterowania. W rozwiązaniach rzeczywistych analizuje się wszystkie czynniki, które mają znaczenie dla sterowanego układu oraz bada się wszystkie możliwe scenariusze i spośród nich wybiera się ten, który gwarantuje wyższy poziom zadowolenia.

5. Podsumowanie

W podejściu preskryptywnym zakład się, że dynamika sterowanego układu jest znana, znane są również ograniczenia nałożone na sterowany system.



$t=0,1,2,\dots$ - chwile czasowe

U_i - sterowanie w chwili i

$X_i = (x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{ki})$ - stan w chwili i

C_i - ograniczenia rozmyte na X_i

G_i - podcele rozmyte na stan X_i

Rys. 6 Schemat podejścia preskryptywnego do sterowania rozmytego [5]

Jakość procesu sterowania mierzy się agregacją tego, jak dobrze spełnione są ograniczenia rozmyte i cele rozmyte na stany w kolejnych etapach sterowania. W rzeczywistości poszukuje się optymalnego ciągu sterowań na poszczególnych etapach sterowania U_0, \dots, U_n . Poszukiwania optymalnego ciągu wykonywane są według przyjętego algorytmu, np. takiego jak zaprezentowany powyżej [5]. W ten sposób można wyznaczyć m.in. najlepszy sposób kierowania przedsiębiorstwem w długookresowym horyzoncie czasowym, a nawet zbadać różnorodne dopuszczalne scenariusze, co jest niezbędne podczas formułowania strategii przedsiębiorstwa.

Literatura

1. Radosiński E., <http://www.ioz.pwr.wroc.pl/z7/Radosinski/publikacje/artyku%C5%82y/int%20tec%20hyb%20w%20afj.doc>
2. Radosiński E., „Systemy informatyczne w dynamicznej analizie decyzyjnej”, PWN Warszawa 2001, str.13-14
3. Trojczak P., „Kwantyfikacja informacji jako bariera systemów informatycznych” – konferencja „Informacja – dobra czy zła nowina”, Międzyzdroje 2004
4. Mendel J., "Fuzzy Logic Systems for Engineering: A Tutorial", Proceedings of the IEEE, vol. 83, No. 3, March 1995, str. 345-377
5. Kacprzyk J., „Wieloetapowe sterowanie rozmyte”, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2001, str. 2-24,