

Agnieszka Merkisz-Guranowska
Politechnika Poznańska

ISTOTA MODELOWANIA SIECI RECYKLINGU SAMOCHODÓW WYCOFANYCH Z EKSPLOATACJI

Streszczenie: Artykuł poświęcony jest zagadnieniu modelowania struktury sieci recyklingu pojazdów wycofanych z eksploatacji. Przedstawiono w nim sieć recyklingu samochodów jako system, który może podlegać modelowaniu i pokazano zasadność posługiwania się wielokryterialnymi metodami wspomagania decyzji. W artykule dokonano również identyfikacji charakterystyk podmiotów sieci recyklingu, do których należą punkty zbierania pojazdów, stacje demontażu, młyny przemysłowe i zakłady recyklingu materiałów. Wskazano ograniczenia i warunki modelowania oraz przykładowe funkcje kryterium determinujące dobór lokalizacji poszczególnych podmiotów sieci recyklingu samochodów wycofanych z eksploatacji.

Słowa kluczowe: sieć recyklingu, samochody wycofane z eksploatacji, modelowanie sieci

1. WPROWADZENIE DO MODELOWANIA SIECI RECYKLINGU

We współczesnym świecie projektowanie sieci recyklingu samochodów wycofanych z eksploatacji (SWE) stało się niezbędnym elementem związanym z rozwojem motoryzacji i funkcjonowaniem branży transportowej. Konieczność projektowania sieci recyklingu wynika z jednej strony z przepisów prawa, a z drugiej z uwarunkowań ekonomicznych. W najszerszym zakresie sieć recyklingu pojazdów rozwija się w krajach Unii Europejskiej, w Japonii i w Stanach Zjednoczonych. W Unii Europejskiej oraz w Japonii głównym bodźcem rozwoju sieci są obowiązujące przepisy prawa, które z uwagi na ochronę środowiska wymagają odpowiedniego zagospodarowania wszystkich samochodów wycofywanych z eksploatacji. Z kolei w Stanach Zjednoczonych motywem powstania sieci recyklingu są korzyści jakie można czerpać z odzysku materiałów zawartych w zużytych pojazdach. W Polsce znaczenie problematyki kształtowania sieci recyklingu wynika z prognoz potrzeb w zakresie zagospodarowania SWE, niedostatecznie rozwiniętej istniejącej sieci recyklingu pojazdów, jak również z konieczności dostosowania infrastruktury systemu do standardów i wymogów UE.

Niezależnie jednak od motywów projektowania sieci, kształtowanie jej struktury nie powinno odbywać się w sposób przypadkowy. Decyzje dotyczące lokalizacji podmiotów

powinny uwzględniać jak najwięcej czynników obejmujących zarówno kwestie techniczne, ekonomiczne, środowiskowe i prawne. Dzięki temu kształtowanie wybranego fragmentu sieci np. w kontekście jej rozbudowy i lokalizacji nowych podmiotów, zapewni maksymalizację korzyści zarówno z punktu widzenia uczestników sieci, jak i właścicieli pojazdów i innych zainteresowanych podmiotów.

Takie wieloaspektowe podejście do recyklingu samochodów było już przedmiotem badań, jednak skupiały się one na modelowaniu samego procesu w ramach poszczególnych podmiotów, a nie uwzględniały wszystkich podmiotów sieci [7]. Z kolei prace dotyczące modelowania sieci opierają się z reguły na pojedynczych kryteriach, głównie odnoszących się do wymogów prawnych [4,8] oraz minimalizacji kosztów procesu [1].

Do kształtowania i optymalizacji struktury podmiotów sieci recyklingu niezbędne jest zastosowanie metod optymalizacyjnych wspomagania decyzji, wśród których możemy wyróżnić zarówno metody jednokryterialne jak i wielokryterialne.

Jednokryterialne zadania optymalizacyjne są częściej stosowane w praktyce z uwagi na prostszy proces formułowania i realizacji takich zadań oraz szybsze i łatwiejsze znajdowanie rozwiązań optymalnych. Dla jednokryterialnych zadań optymalizacyjnych wybiera się jedną funkcję celu, którą może być minimalizacja kosztów, maksymalizacja zysków czy minimalizacja czasu trwania procesów.

W przypadku systemów złożonych, a do takich należy sieć recyklingu, i niezależnie od tego co jest przedmiotem optymalizacji (dopasowanie infrastruktury do potrzeb, lokalizacja podmiotów, ich efektywność) trudno jest wyznaczyć jedno kryterium, które będzie odpowiadało wszystkim zainteresowanym stronom. Inaczej bowiem kształtują się preferencje administracji państwowej, właścicieli pojazdów, producentów samochodów czy podmiotów sieci recyklingu.

Dla administracji państwowej podstawowym kryterium tworzenia sieci jest minimalizacja oddziaływań środowiskowych związanych z utylizacją i likwidacją samochodów wycofanych z eksploatacji oraz interes społeczny. Minimalizacja oddziaływań środowiskowych wiąże się z koniecznością inwestowania w wyposażenie sieci i uzyskiwania jak najwyższych wskaźników odzysku, co zwiększa koszty procesu recyklingu. Uwzględnienie interesu społecznego z kolei powoduje, że minimalizowane będą koszty ponoszone przez właścicieli SWE, czyli w pewnym stopniu ogranicza się przychody stacji demontażu.

Z kolei dla stacji demontażu, młynów przemysłowych i zakładów recyklingu materiałów najważniejsze kryteria modelowania sieci to minimalizacja kosztów oraz maksymalizacja przychodów, co stoi w sprzeczności z podanymi wyżej kryteriami optymalizacji z punktu widzenia administracji państwowej. Preferencje właścicieli SWE obejmują jak najłatwiejsze przekazanie pojazdu do sieci oraz minimalizację kosztów z tym związanych. Łatwe i bezproblemowe oddanie pojazdu oznacza, że sieć recyklingu musi być jak najgęstsza, co znowu jest sprzeczne z preferencjami stacji demontażu, w których interesie jest to, żeby było ich jak najmniej. Podobna sytuacja ma miejsce w przypadku stacji demontażu, którym zależy na jak najłatwiejszym przekazaniu odpadów z SWE do dalszego przetwarzania, co oznacza większy współczynnik gęstości młynów przemysłowych i zakładów recyklingu materiałów, a to jest niezgodne z preferencjami tych ostatnich. W końcu funkcja celu producentów samochodów to minimalizacja ich kosztów, co kłóci się z koniecznością dostosowywania pojazdów do potrzeb recyklingu

i ponoszenia kosztów przekazania pojazdów do sieci i ich demontażu, a tego oczekuje administracja państwowa, stacje demontażu i właściciele pojazdów.

Podane wyżej preferencje podmiotów nie wyczerpują wszystkich cząstkowych funkcji kryterium odnoszących się do sieci recyklingu, tych kryteriów cząstkowych może być więcej. Poza tym w literaturze problemu brak jest metod pozwalających na optymalne kształtowanie struktury sieci recyklingu. Stąd też konieczne staje się poszukiwanie wielokryterialnych metod pozwalających na takie kształtowanie sieci recyklingu, które będzie uwzględniało wiele punktów widzenia. Należy zatem, adekwatnie do zaistniałej sytuacji decyzyjnej, sformułować wielokryterialne zadanie optymalizacyjne. Niezbędne jest zatem właściwe zidentyfikowanie, na podstawie rzeczywistości, wszystkich elementów struktury sieci recyklingu i ich parametryzacja, ponadto zidentyfikowanie i dokonanie formalizacji zapisu układu ograniczeń oraz cząstkowych funkcji oceny jakości rozwiązania [2,3]. Ważnym etapem będzie również wybór metody rozwiązania sformułowanych zadań optymalizacyjnych.

2. SIEĆ RECYKLINGU JAKO SYSTEM

System sieci recyklingu jest systemem względnie odosobnionym, możemy więc wyróżnić w nim elementy, stanowiące wejścia do systemu i elementy będące wyjściami z tego systemu (rys.1).

Wejściami do systemu są wszystkie zasoby niezbędne do jego prawidłowego funkcjonowania tj. zasoby rzeczowe stanowiące jego wyposażenie i materiały eksploatacyjne, zasoby ludzkie, środki finansowe i zasoby niematerialne, w tym informacje. Wejściami są także potrzeby w zakresie zagospodarowania odpadów (SWE) zgłaszane przez otoczenie.

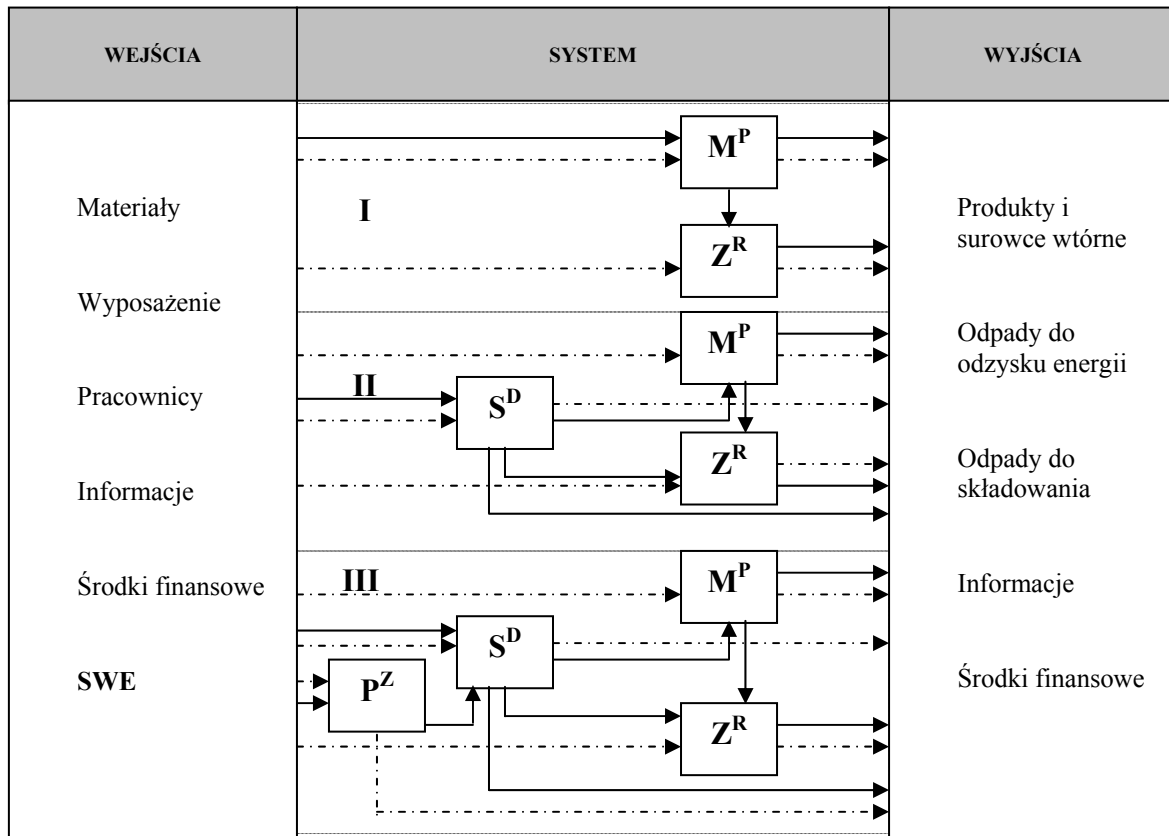
Wyjście z systemu sieci recyklingu to pożądane przetworzenie odpadów pochodzących z SWE nadających się do dalszego wykorzystania jako części zamienne, surowce wtórne i odpady przeznaczone do odzysku energii oraz odpady przeznaczone do likwidacji. Wyjściami są także informacje i środki finansowe.

Otoczenie systemu sieci recyklingu stanowią pozostałe działy gospodarki, społeczeństwo oraz środowisko naturalne. Wewnątrz systemu wyróżniamy jego elementy wraz z ich charakterystykami, organizacją i powiązaniem.

W proces recyklingu samochodów zaangażowanych jest wiele podmiotów jednak kluczowe znaczenie dla budowy struktury sieci recyklingu mają:

- punkty zbierania pojazdów – czyli miejsca do których przekazywane są SWE przez ostatnich właścicieli; zbiór wszystkich punktów zbierania pojazdów oznaczono jako P^Z ;
- stacje demontażu – w których odbywa się przygotowanie SWE do demontażu (poprzez osuszenie i usunięcie elementów niebezpiecznych), demontaż części do ponownego użytku, demontaż części i podzespołów przeznaczonych do recyklingu materiałowego, zbiór wszystkich punktów zbierania pojazdów oznaczono jako S^D ;
- młyny przemysłowe – gdzie karoseria po procesie demontażu poddawana jest strzępieniu w celu odzysku metali i ewentualnie innych frakcji materiałowych, zbiór wszystkich punktów zbierania pojazdów oznaczono jako M^P ;

- zakłady recyklingu materiałów – gdzie przetwarzane są gospodarczo odpady przekazane przez stacje demontażu i młyny przemysłowe; zbiór wszystkich punktów zbierania pojazdów oznaczono jako Z^R .



—————> Przepływ odpadów
 - - - - -> Pozostałe przepływy

P^Z – punkty zbierania, S^D – stacje demontażu, M^P – młyny przemysłowe, Z^R – zakłady recyklingu materiałów

Rys.1. Sieć recyklingu w ujęciu systemowym dla modelu jednostopniowego (I), dwustopniowego (II) i trójstopniowego (III)

W zależności od sposobu organizacji sieci, czyli systemu recyklingu samochodów obowiązującego na danym rynku możemy także wyróżnić prostsze modele sieci recyklingu [6]. W modelu dwustopniowym, nie ma punktów zbierania pojazdów, a samochody są bezpośrednio przekazywane do stacji demontażu.

Z kolei w modelu jednostopniowym nie ma ani punktów zbierania pojazdów ani stacji demontażu, a samochody wycofane z eksploatacji od razu trafiają do młynów przemysłowych, gdzie są osuszane, wstępnie demontuje się elementy do odzysku materiałowego i następnie podlegają w całości strzępieniu.

Dla potrzeb modelowania sieci recyklingu zakładamy, że struktura sieci recyklingu jest odwzorowana grafem G , tj.:

$$G = \langle W^R, L^R \rangle \quad (1)$$

gdzie: W^R jest zbiorem numerów podmiotów w sieci recyklingu, natomiast L^R jest zbiorem połączeń między wyróżnionymi podmiotami w tej sieci. Zatem łuki grafu G odwzorowują istniejące połączenia transportowe między węzłami sieci recyklingu. Dla potrzeb badań przyjmujemy, że na węzłach badanej sieci recyklingu zadany jest zbiór funkcji F_W^R :

$$F_W^R = \{f_k(i): i \in W^R, k=1, \dots, N\}, \quad (2)$$

każda o ściśle określonej interpretacji, np. typów przerabianych pojazdów i odpadów z nich pochodzących, wielkości realizowanych zadań, potencjału przerobowego poszczególnych podmiotów, prognozy rentowności, nakładów początkowych itp.

3. PARAMETRYZACJA PODMIOTÓW SIECI RECYKLINGU POJAZDÓW

Następnym etapem po zidentyfikowaniu elementów sieci jest wyznaczenie charakterystyk podmiotów. Określenie charakterystyk podmiotów ma istotny wpływ na formułowanie w kolejnym etapie ograniczeń modelowania struktury sieci recyklingu.

Wśród charakterystyk poszczególnych elementów można wyróżnić trzy grupy [5]:

- charakterystyki zadań realizowanych przez podmioty,
- charakterystyki techniczne,
- charakterystyki ekonomiczne.

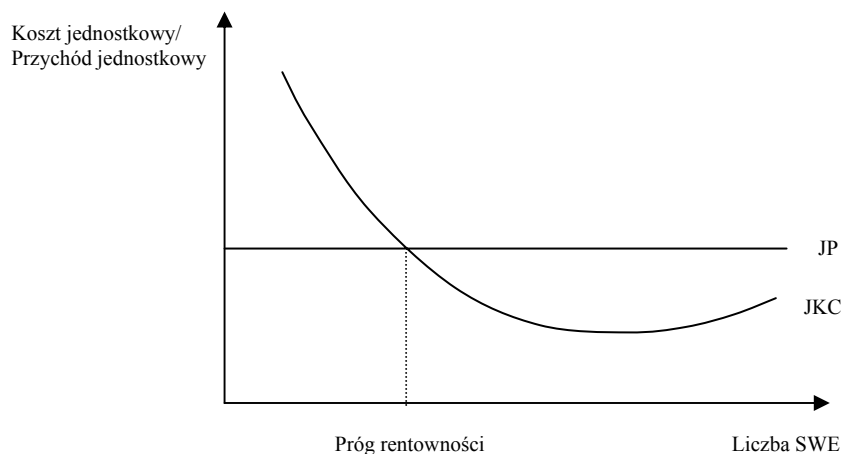
Charakterystyki zadań realizowanych przez podmioty różnią się w zależności od tego dla jakich podmiotów będziemy je rozpatrywać. W przypadku punktów zbierania pojazdów i stacji demontażu istotny jest typ pojazdów (np. samochody osobowe, dostawcze o masie do 3,5t, ciężarowe o masie powyżej 3,5t, autobusy). Dodatkowo dla stacji demontażu ważna jest masa i wiek pojazdów. Natomiast dla młynów przemysłowych i zakładów recyklingu materiałów istotne są różne rodzaje przyjmowanych odpadów. Stąd niezbędnym elementem jest zdefiniowanie rodzajów materiałów, które powstają podczas demontażu poszczególnych samochodów w stacjach demontażu. Wyróżnienie grup odpadów jest konieczne, gdyż dany rodzaj odpadów jest następnie wysyłany do odpowiedniego zakładu recyklingu materiałów, do młyna przemysłowego lub na składowisko odpadów. Odpady te obejmują takie przykładowe grupy jak akumulatory, karoserie po demontażu, szkło, pianki z foteli, reaktory katalityczne, itp.

Oprócz charakterystyk wynikających z zadań podmiotów możemy wyróżnić także charakterystyki związane z posiadanym wyposażeniem. Zakres tego wyposażenia określa potencjał przerobowy elementów struktury sieci, czyli stacji demontażu, młynów przemysłowych i zakładów recyklingu materiałów. Potencjał przerobowy nie dotyczy punktów zbierania pojazdów, gdyż w punktach tych nie przetwarzają się pojazdy i w związku z tym nie muszą posiadać specjalnego wyposażenia.

Potencjał przerobowy wyznacza wielkość podmiotów. Małe stacje demontażu, stosujące metodę gniazdową demontażu, posiadają potencjał przerobowy od 500 do 1500 SWE rocznie, podczas gdy duże stacje stosujące demontaż taśmowy mogą przerabiać od 10 do

15 tysięcy SWE rocznie. W przypadku młynów przemysłowych potencjał przerobowy wyrażany jest w tysiącach ton przetwarzanego wsadu i dla małych młynów kształtuje się na poziomie 50 tysięcy ton rocznie, średnie młyny posiadają potencjał rzędu 120-150 tysięcy ton, a duże nawet do 500 tysięcy ton rocznie. Podobnie, dla zakładów recyklingu materiałów potencjał będzie określany masą przerabianych odpadów rocznie i będzie się różnił w zależności od rodzaju odpadu.

Charakterystyki ekonomiczne związane są z wysokością nakładów początkowych oraz osiągnięciem progu rentowności funkcjonowania podmiotów. Nakłady początkowe są funkcją wielkości podmiotu, a próg rentowności podmioty osiągają przy jednostkowych kosztach całkowitych równych jednostkowym przychodom. Próg ten wyznacza więc minimalny przerób, powyżej którego możliwe jest uzyskanie nadwyżki przychodów nad kosztami (rys.2).



JP – przychód jednostkowy, JKC – jednostkowy koszt całkowity

Rys.2. Próg rentowności podmiotów sieci recyklingu

Ponieważ wartość jednostkowych przychodów nie zmienia się wraz z liczbą przetwarzanych SWE lub odpadów, jedynie całkowite koszty jednostkowe zmieniają się wraz z wielkością faktycznego przerobu.

Na przykład w przypadku stacji demontażu na całkowite koszty funkcjonowania składają się koszty zmienne, do których należą koszty demontażu (np. zużytej energii) i koszty pozyskania SWE (np. transportu) oraz koszty stałe (głównie amortyzacja maszyn i urządzeń). Wzrost liczby przetwarzanych samochodów obniża jednostkowe koszty stałe np. amortyzacji wyposażenia, a także koszt pozyskania pojazdów z uwagi na optymalizację transportu pojazdów. Większy przerób stacji obniży zatem jednostkowe koszty całkowite, głównie z uwagi na mniejszy udział jednostkowych kosztów stałych.

4. OGRANICZENIA I WARUNKI W MODELOWANIU SIECI RECYKLINGU POJAZDÓW

Kształtowanie sieci recyklingu jest złożonym wieloaspektowym procesem decyzyjnym, związanym z podejmowaniem decyzji w warunkach ograniczonych środków finansowych, jak również ograniczonych środków technicznych [2], przy czym należy wziąć pod uwagę także oczekiwania i wymagania, jakie sieć recyklingu musi spełniać.

Nakładane ograniczenia wyznaczają zbiór decyzji dopuszczalnych, z których w kolejnych etapach modelowania wybiera się rozwiązanie spełniające w jak największym stopniu preferencje decydenta.

Rodzaje ograniczeń, jakie można wyróżnić na potrzeby modelowania sieci recyklingu pojazdów są następujące:

- Ograniczenia obejmujące powstawanie i kształtowanie się zapotrzebowania na zagospodarowanie odpadów, do których zaliczymy liczbę SWE do przetworzenia w ciągu roku, masę odpadów do przetworzenia, rozmieszczenie parku samochodów.

- Ograniczenia techniczne takie jak minimalna liczba stacji i pozostałych podmiotów, które przy zakładanym potencjale technicznym muszą funkcjonować, aby zapewnić przetwarzanie wszystkich pojazdów i odpadów. Są to ograniczenia wynikające bezpośrednio z charakterystyk podmiotów.

- Ograniczenia ekonomiczne takie jak minimalna liczba przetwarzanych SWE i minimalna masa przetwarzanych odpadów zapewniające rentowność podmiotów, minimalna odległość między podmiotami gwarantująca opłacalność transportu samochodów z punktów zbierania do stacji, ze stacji do młynów przemysłowych i ze stacji i młynów do zakładów recyklingu materiałów. Podobnie jak ograniczenia techniczne wynikają z charakterystyk podmiotów sieci.

- Ograniczenia prawne takie jak minimalna odległość między podmiotami wynikająca z obowiązujących przepisów, sposób organizacji sieci, niemożność lokalizacji podmiotów na wybranych obszarach. Są to ograniczenia związane z wymaganiami stawianymi sieci recyklingu.

Wymienione wyżej ograniczenia wpływają na wielkość i gęstość sieci recyklingu oraz na wielkość rozłożenia strumienia odpadów na poszczególnych odcinkach sieci.

5. KRYTERIA OPTIMALIZACJI SIECI RECYKLINGU

Poszukiwanie rozwiązania problemu decyzyjnego jakim jest lokalizacja elementów struktury sieci recyklingu wymaga określenia funkcji kryterium, której ekstremalizacja pozwoli na znalezienie rozwiązania optymalnego. Rozwiązanie optymalne to takie, dla którego przyjęte kryterium oceny jakości rozwiązania (np. minimalny koszt) osiąga wartość ekstremalną przy spełnieniu [2]:

- ograniczeń sieci (np. potencjał przerobowy),
- warunków wynikających z zapotrzebowania na przetwarzanie odpadów (np. liczba SWE i masa odpadów z nich pochodzących do zagospodarowania),

- warunków wynikających z fizycznej interpretacji wielkości (np. nieujemność).

Kryteria optymalizacji struktury sieci recyklingu mogą być różne w zależności od tego, z czyjego punktu widzenia będziemy oceniać sieć recyklingu. Ogólnie możemy podzielić kryteria na trzy grupy. Pierwsza z nich obejmować będzie kryteria ekonomiczne związane tworzeniem i funkcjonowaniem infrastruktury, z kosztami związanymi z przepływami materiałów w sieci oraz uzyskiwanymi przychodami. W drugiej grupie znajdują się kryteria związane z ochroną środowiska, a w trzeciej kryteria jakościowe.

Funkcje celu w optymalizacji sieci recyklingu mogą być następujące:

a) Kryteria ekonomiczne:

- Minimalizacja kosztów tworzenia infrastruktury
Dotyczy wyłącznie nakładów początkowych na tworzenie infrastruktury sieci recyklingu (m.in. wyposażenie, budowa obiektów, koszt pozwoleń na prowadzenie działalności), nie uwzględnia natomiast kosztów związanych z funkcjonowaniem podmiotów.
- Minimalizacja kosztów odzysku SWE i pochodzących z nich odpadów
Dotyczy kosztów działalności bieżącej związanej z procesami odzysku SWE i odpadów i obejmuje zarówno koszty zmienne jak i stałe funkcjonowania podmiotów.
- Minimalizacja kosztów zagospodarowania SWE
Kryterium zbliżone do minimalizacji kosztów odzysku, ale dodatkowo koszty w tym przypadku obejmują koszty likwidacji odpadów i tych SWE, które nie podlegają zagospodarowaniu w sieci recyklingu.
- Minimalizacja kosztów transportu pomiędzy elementami sieci
Koszty transportu często stanowią barierę w odzysku wybranych elementów SWE, gdyż przychody ze sprzedaży części i odpadów nie pokrywają kosztów ich transportu pomiędzy podmiotami sieci.
- Maksymalizacja przychodów z zagospodarowania odpadów
Bardzo ważne kryterium z punktu widzenia samofinansowania sieci recyklingu, gdyż w zależności od ewentualnych korzyści finansowych oferowanych przez zakłady recyklingu materiałowego i młyny przemysłowe.

b) Kryteria środowiskowe:

- Maksymalizacja zakresu odzysku odpadów
Mierzona albo ilością odpadów dostarczanych do sieci albo wskaźnikiem recyklingu i odzysku, funkcja ta może być również wskaźnikiem oceny jakości usługi, ale przede wszystkim jej maksymalizacja świadczy o zmniejszaniu ilości odpadów trafiających na składowiska.
- Maksymalizacja liczby zagospodarowanych SWE
Może stanowić funkcję celu wtedy, gdy założymy, że część pojazdów może pozostawać poza systemem i w takiej sytuacji należy skierować jak największy strumień SWE do sieci recyklingu.
- Minimalizacja negatywnych oddziaływań utylizacji SWE
Uwzględnia nie tylko negatywne oddziaływanie na środowisko odpadów trafiających na składowiska, ale także uwzględnia negatywne skutki czynności związanych z odzyskiem czy transportem odpadów.

c) Kryteria jakościowe:

- Minimalny czas realizacji procesu

W przypadku dużego strumienia SWE przydatnym może się okazać kryterium minimalizacji czasu procesu zagospodarowania SWE.

- Maksymalizacja niezawodności procesu.

Jak wynika z powyższego problematyka modelowania sieci recyklingu pojazdów wycofywanych z eksploatacji jest bardzo złożonym problemem optymalizacji wielokryterialnej. W ogólności wielokryterialne problemy poszukiwania rozwiązania x^* maksymalizującego globalną funkcję kryterium F , złożoną z wielu kryteriów cząstkowych, można przedstawić w postaci następującej notacji:

$$F = \langle f_1(x), f_2(x), \dots, f_i(x), \dots, f_M(x) \rangle \longrightarrow \max \quad (3)$$

przy ograniczeniach:

$$a_i(x) \leq b_i \quad i = 1, \dots, N$$

Wówczas zbiór rozwiązań dopuszczalnych zdefiniowany jest jako zbiór elementów x postaci:

$$D = \{x: a_i(x) \leq b_i, \quad i = 1, \dots, N\} \quad (4)$$

a odpowiadająca mu przestrzeń kryteriów zdefiniowana jest, jak poniżej:

$$D_f = \{F = \langle f_1(x), f_2(x), \dots, f_m(x), \dots, f_M(x) \rangle \quad x \in D\} \quad (5)$$

gdzie:

$x = \langle x_1, \dots, x_n \rangle$ - jest wektorem zmiennych decyzyjnych,

$f_m(x)$ - dla $m=1, \dots, M$ $i \geq 2$ są kryteriami oceniającymi,

D - jest zbiorem rozwiązań dopuszczalnych, określonych za pomocą ograniczeń.

W zależności od liczby przyjętych kryteriów cząstkowych można formułować różne wielokryterialne zadania optymalizacyjne, dwu-, trój-, cztero- i więcej kryterialne. Ważnym etapem, jak już wcześniej wspomniano, będzie opracowanie metody pozwalającej na rozwiązanie sformułowanych zadań optymalizacyjnych.

6. PODSUMOWANIE

Przedstawione, w artykule, podejście do modelowania sieci recyklingu pozwala na wieloaspektową analizę dostosowania elementów struktury sieci do realizowanych zadań uwzględniając przy tym różne interesy poszczególnych podmiotów zaangażowanych w proces recyklingu pojazdów.

Potrzeba stosowania modelowania opartego na wielokryterialnym wspomaganie decyzji wynika z konieczności uwzględnienia różnych punktów widzenia poszczególnych podmiotów biorących udział w procesie recyklingu pojazdów. Ponadto każdy z nich stara się ekstremalizować swoje indywidualne korzyści. Ze względu na różny interes

poszczególnych uczestników procesu recyklingu, nie zawsze można wybrać jedno kryterium, które będzie wyrazem preferencji wszystkich zaangażowanych podmiotów.

Jednym z podstawowych etapów modelowania sieci recyklingu jest nie tylko identyfikacja podmiotów uczestniczących w procesie recyklingu oraz powiązań między nimi, ale również dokonanie parametryzacji zarówno podmiotów jak i ich powiązań. Znajomość charakterystyk pozwala na formułowanie układów ograniczeń oraz funkcji kryteriów, a w konsekwencji formułowanie jedno- lub wielo- kryterialnych zadań optymalizacyjnych. W dostępnej literaturze przedmiotu brak jest zastosowania wielokryterialnych metod wspomagania decyzji do modelowania sieci recyklingu i optymalizacji lokalizacji podmiotów sieci. Zastosowanie metod wielokryterialnych umożliwi uwzględnienie wielu punktów widzenia podmiotów uczestniczących w procesie recyklingu samochodów.

Bibliografia

1. Gołębiowski B.: Analiza rozmieszczenia stacji demontażu pojazdów wycofanych z eksploatacji na przykładzie województwa mazowieckiego, Materiały konferencyjne V Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Technicznej Problemy Recyklingu, Warszawa 2007.
2. Jacyna M.: Modelowanie i ocena systemów transportowych. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2009.
3. Jacyna M.: Modelowanie wielokryterialne w zastosowaniu do oceny systemów transportowych. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2001.
4. Mansour S., Zarei M.: A multi-period reverse logistics optimisation model for end-of-life vehicles recovery based on EU Directive, International Journal of Computer Integrated Manufacturing, Volume 21, 2008, issue 7.
5. Merkisz-Guranowska A.: A formalization of the description of the recycling network for motor vehicles, Archiwum Transportu, Volume 21, 2009, issue 3-4.
6. Merkisz-Guranowska A.: Recykling samochodów w Polsce, Wydawnictwo Instytutu Technologii Eksploatacji, Poznań-Radom 2007.
7. Reuter M.A., Boin U., Yang Y., Fraunholz N., Van Schaik A.: The optimisation of recycling: integrating the resource, technological and life cycles, Journal of the Minerals, Metals and Materials Society, Volume 56, 2004, issue 8.
8. Stawiarski D., Badowski A.: Analiza kosztów zbiórki i demontażu pojazdów wycofanych z eksploatacji w Polsce, Recykling samochodów, 2005, nr 7.

MODELING OF THE END-OF-LIFE VEHICLES RECYCLING NETWORK STRUCTURE

Abstract: The paper treats on modeling of the recycling network structure for end-of-life vehicles. It presents the car recycling network as a system that can be subject to modeling and it shows the necessity of application of the multicriteria methods that support decision-making process. The papers identifies the characteristics of recycling network entities such as vehicle return stations, dismantlers, industrial shredders and material recycling facilities. It presents limitations and constraints of modeling and gives examples of criteria that determine the selection of the location of the individual entities in the end-of-life vehicles recycling network.

Keywords: recycling network, end-of-life vehicles, network modeling