

OCENA ZAAWANSOWANIA TECHNICZNEGO INFRASTRUKTURY SIECIOWEJ OBSZARÓW SPÓŁKI DYSTRYBUCYJNEJ

Barbara Kaszowska, Andrzej Włóczyk – Politechnika Opolska

Dla dokonania prawidłowej oceny zaawansowania technicznego infrastruktury sieciowej obszarów spółki dystrybucyjnej/koncernu konieczna jest znajomość przedmiotów oceny oraz uwarunkowań mających wpływ na wartościowanie. Dlatego w procesie oceniania występują dwie, główne składowe:

- subiektywna (ocena w ścisłym znaczeniu), czyli wyznaczenie wartości przedmiotów oceny zgodnie z systemem wartości podmiotu, dla którego przeznaczona jest ocena,
- obiektywna (ocena stanu rzeczy), czyli sposób pozyskiwania możliwie pełnych informacji o przedmiotach oceny oraz o uwarunkowaniach mających wpływ na wartościowanie.

Przedmiotami oceny na ogół są zjawiska złożone, to znaczy opisywane przez przynajmniej jedną cechę jakościową lub przynajmniej dwie cechy ilościowe czy logiczne. Ocena zjawisk złożonych jest oceną wielokryterialną, a w procesie oceniania wielokryterialnego charakteryzuje się złożonymi uwarunkowaniami.

W ocenianiu wielokryterialnym można wyszczególnić różne uwarunkowania:

1. Liczność zbioru przedmiotów oceny.
2. Różnorodność przedmiotów oceny.
3. Liczność i poziom jednoznaczności kryteriów oceniania, zmienność w czasie, zależność od czynników losowych.
4. Merytoryczne uwarunkowania agregacji ocen częściowych.
Można wyróżnić dwa podstawowe typy agregacji: bilansującą i dysjunktywną. Agregacja bilansująca ma zastosowanie wtedy, gdy niekorzystna ocena częściowa może być skompensowana przez korzystny stan innych ocen częściowych. Agregacja dysjunktywna odnosi się do takich przypadków, gdy ocena wypadkowa zależy od najgorszej (ewentualnie najlepszej) oceny częściowej.
5. Możliwość utworzenia wzorców, z którymi porównuje się przedmioty oceny.
6. Złożoność przedmiotów oceny i związana z tym liczność i różnorodność cech charakteryzujących te przedmioty.
7. Dostępność pomiarowa i obserwacyjna cech diagnostycznych, koszt pozyskiwania informacji o wartościach cech diagnostycznych.
8. Dokładność i jednoznaczność wyznaczania wartości cech diagnostycznych.
9. Cel procesu oceniania.
10. Postać ocen końcowych. Przedmioty oceny mogą być scharakteryzowane opisem słownym, kilkoma ocenami częściowymi lub jedną oceną zagregowaną.
11. Wymogi stawiane procesowi oceny – dokładność i trafność ocen, koszt procesu oceniania, czas oceniania, jednolite traktowanie wszystkich przedmiotów oceny.
12. Inne uwarunkowania sytuacyjne, np. powtarzalność procesu oceniania, konieczność zaangażowania ekspertów i inne

Przedmiotem oceny jest zaawansowanie techniczne Obszarów Spółki Dystrybucyjnej. Oceny tej dokonuje się na podstawie zmiennych diagnostycznych, którymi są wybrane parametry techniczne ujęte w module Metryki oprogramowania do obliczeń różnicy bilansowej Bi-Sun.

Zmienne diagnostyczne, na podstawie których oceniane są poszczególne Obszary powinny obejmować pełny opis stanu technicznego Obszarów. Zmiennych tych powinno być jak najmniej, co pozwoli w sposób przejrzysty przeprowadzić ocenę. Każdemu kryterium oceny jest przypisywana odpowiednia waga. Z obiektywnego punktu widzenia wszystkie kryteria mogą być jednakowo ważne.

Modele procesów oceniania i występujące w nich metody i procedury są bardzo różnorodne. Dla celów oceny porównawczej zaawansowania technicznego infrastruktury sieciowej Obszarów przeanalizowano różne metody oceny i stwierdzono, że właściwe jest ocenianie na podstawie pojedynczych zmiennych diagnostycznych oraz agregacja ocen cząstkowych.

Ocena wielokryterialna polega na próbie znalezienia wektora zmiennych diagnostycznych:

$$x = [x_1, x_2, \dots, x_k] \quad (1)$$

który spełnia zadane warunki oraz optymalizuje wektor funkcyjny, którego elementy reprezentują funkcje celu:

$$f(x) = (f_1(x), f_2(x), \dots, f_k(x)) \quad (2)$$

Dla zadania **maksymalizacji** zestawu k funkcji celu (2) rozwiązanie x jest zdominowane, jeśli istnieje dopuszczalne rozwiązanie y nie gorsze od x , tzn. dla każdej funkcji celu f_i :

$$f_i(x) \leq f_i(y) \quad i = 1, \dots, k \quad (3)$$

W przeciwnym wypadku x jest rozwiązaniem niezdominowanym czyli optymalnym w sensie Pareto.

Dla zadania **minimalizacji** zestawu k funkcji celu (2) rozwiązanie x jest zdominowane, jeśli istnieje dopuszczalne rozwiązanie y nie gorsze od x , tzn. dla każdej funkcji celu f_i :

$$f_i(y) \leq f_i(x) \quad i = 1, \dots, k \quad (4)$$

W przeciwnym wypadku x jest rozwiązaniem niezdominowanym czyli optymalnym w sensie Pareto

Rozwiązanie niezdominowane (optymalne w sensie Pareto) jest więc takim rozwiązaniem, którego nie można polepszyć ze względu na żadne z obowiązujących kryteriów bez pogarszania równocześnie wartości któregośkolwiek z pozostałych kryteriów.

Gdy znane są kryteria oceny oraz wartości cech diagnostycznych, procedura oceniania wielokryterialnego może być realizowana w dwóch etapach:

- dokonanie ocen cząstkowych, z których każda uwzględnia tylko jedną zmienną diagnostyczną i jedno kryterium,
- agregacja ocen cząstkowych.

Jest to jeden z najczęściej stosowanych modeli ocen wielokryterialnych, zwłaszcza w przypadku zalgorytmizowanego procesu oceniania.

Można wyróżnić dwie klasy algorytmów:

- algorytmy mogące być zastosowane w przypadku, w którym problem wielokryterialny jest przekształcany w sformułowanie z jednym kryterium,
- algorytmy z uwzględnieniem optymalności w sensie Pareto, bez stosowania żadnej formy łączenia ocen wynikających z różnych celów.

Jedną z najbardziej znanych metod poszukiwania jednego rozwiązania w optymalizacji wielokryterialnej jest **metoda sumy ważonej**.

Funkcje określające kolejne kryteria łączone są w jedną funkcję celu zgodnie ze wzorem:

$$F(x) = \sum_{i=1}^m w_i f_i(x) \quad (5)$$

przy czym: $w \in [0,1]$,
 $\sum_{i=1}^m w_i = 1$.

Zmodyfikowaną metodą sumy ważonej jest metoda unitaryzacji zerowej, w której do celu normalizacji i agregacji funkcji celu, wszystkie zmienne używane przy ocenie poszczególnych kryteriów dzielone są na trzy klasy:

- stymulanty
- destymulanty
- nominanty

Stymulanty – są to zmienne diagnostyczne, których wzrost kojarzyć należy ze wzrostem, a spadek ze spadkiem oceny zjawiska.

Destymulanty – są to zmienne diagnostyczne, których wzrost kojarzyć należy ze spadkiem, a spadek ze wzrostem oceny zjawiska.

Nominanty – to takie zmienne diagnostyczne, które mają określoną najkorzystniejszą wartość (przedział), a wszystkie inne wartości, zarówno większe jak i mniejsze od zadanej wartości pogarszają ocenę danego parametru.

Aby możliwe było porównanie i ocena cech diagnostycznych, wszystkim kryteriom należy nadać wartości liczbowe niemianowane. Proces zastąpienia wartości mianowanej wartością niemianowaną nazywa się normalizacją. Jest wiele znanych metod normalizacji. Jedną z nich jest metoda unitaryzacji zerowej, która charakteryzuje się przyjęciem stałego punktu odniesienia i określa rozstęp danej zmiennej diagnostycznej unormowanej. Rozstęp dla każdej zmiennej j wynosi:

$$R(X_j) = \max(x_{ij}) - \min(x_{ij}) \quad \text{dla wszystkich elementów } i \quad (6)$$

Normalizację zmiennych (czyli przeliczenie ich do wartości porównywalnych dla wszystkich kryteriów) przeprowadza się następująco:

Stymulanty:

$$Z_{ij} = [x_{ij} - \min(x_{ij})] / [\max(x_{ij}) - \min(x_{ij})] \quad (7)$$

Destymulanty:

$$Z_{ij} = [\max(x_{ij}) - x_{ij}] / [\max(x_{ij}) - \min(x_{ij})] \quad (8)$$

Nominanty – zakładając dolną i górną granicę przedziału optymalnego $\langle c_{1j}, c_{2j} \rangle$

$$\begin{aligned} Z_{ij} &= [x_{ij} - \min(x_{ij})] / [c_{1j} - \min(x_{ij})] & \text{gdy} & \quad x_{ij} < c_{1j} \\ Z_{ij} &= 1 & \text{gdy} & \quad c_{1j} \leq x_{ij} \leq c_{2j} \\ Z_{ij} &= [x_{ij} - \max(x_{ij})] / [c_{2j} - \max(x_{ij})] & \text{gdy} & \quad x_{ij} > c_{2j} \end{aligned} \quad (9)$$

Ostateczna wartość zagregowanej funkcji celu/oceny, wg której ocenia się zaawansowanie techniczne Obszarów wynosi:

$$F_j = \sum Z_{ij} \cdot w_j \quad (10)$$

dla każdej oceny j oraz i ocenianych Obszarów, gdzie w_j oznacza wagę danej oceny j .

Proces oceny przebiega w następujących etapach:

- analiza danych wyjściowych i wybór zmiennych diagnostycznych służących ocenie parametrów porównywanych rozwiązań,
- normalizacja zmiennych diagnostycznych,
- oceny cząstkowe wartości zmiennych diagnostycznych znormalizowanych,
- agregacja kilku znormalizowanych ocen do jednej oceny,
- poszukiwanie rozwiązania optymalnego dla zagregowanej wartości funkcji celu/oceny.

W przypadku oceny zaawansowania technicznego infrastruktury sieciowej Obszaru zmienną diagnostyczną x_{ij} może być dowolna cecha/parametr opisująca wybrany zbiór elementów sieci (np. linie nN) i mająca wpływ na wielkość różnicy bilansowej (np. przekrój).

Dobór kryteriów oceny oraz ocena stanu zaawansowania technicznego infrastruktury sieciowej Obszarów

W celu dokonania oceny zaawansowania technicznego infrastruktury sieciowej Obszarów wybrano zmienne diagnostyczne dla grup elementów sieci:

Linie nN

- przekrój zastępczej linii - *stymulanta*
- długość zastępczej linii - *destymulanta*
- energia obciążająca sieć nN - *stymulanta*
- wskaźnik strat odniesiony do strat technicznych - *destymulanta*

Linie SN

- przekrój zastępczej linii - *stymulanta*
- długość zastępczej linii - *destymulanta*
- energia obciążająca sieć SN - *stymulanta*

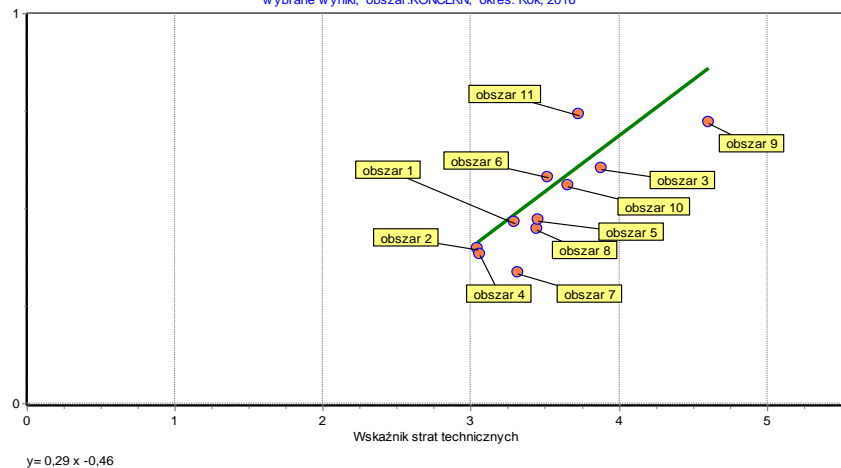
Linie WN

- przekrój zastępczej linii - *stymulanta*
- długość zastępczej linii - *destymulanta*
- energia obciążająca sieć WN - *stymulanta*

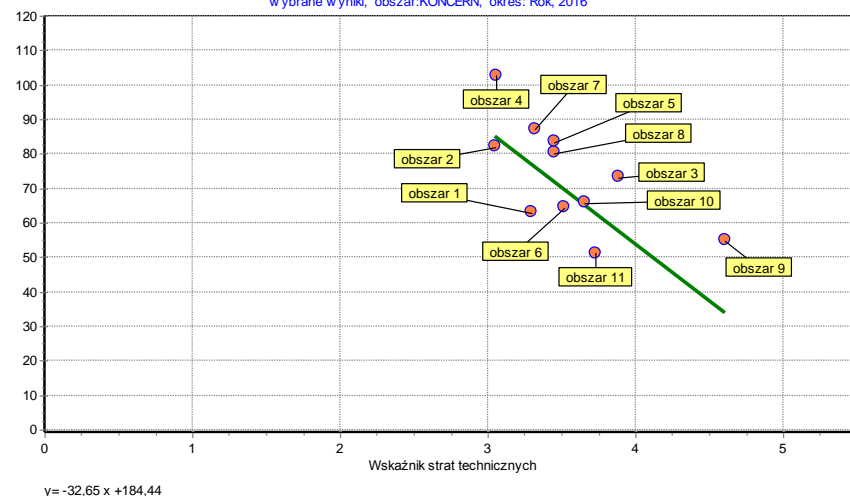
Wybrane zmienne diagnostyczne mogą być odniesione do różnych parametrów.

Zgodnie z przedstawioną metodą unitaryzacji zerowej dokonano oceny stanu zaawansowania technicznego infrastruktury sieciowej Obszarów przyjmując, że wszystkie oceny cząstkowe są jednakowo ważne, a więc przypisując im taką samą wagę.

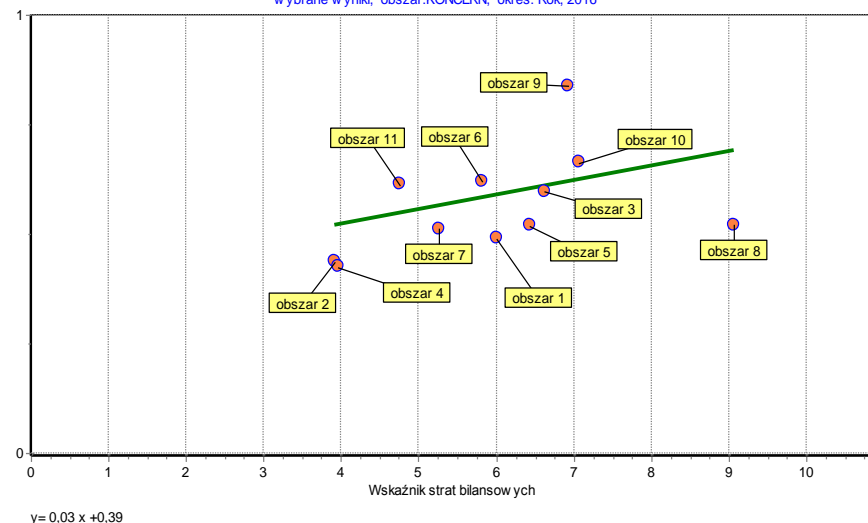
Parametr sieci vs. wskaźnik strat
wybrane wyniki, obszar: KONCERN, okres: Rok, 2016



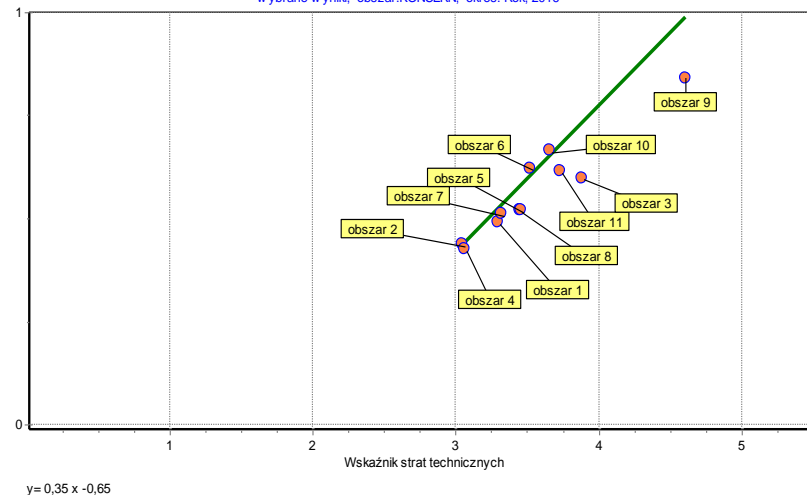
Parametr sieci vs. wskaźnik strat
wybrane wyniki, obszar: KONCERN, okres: Rok, 2016



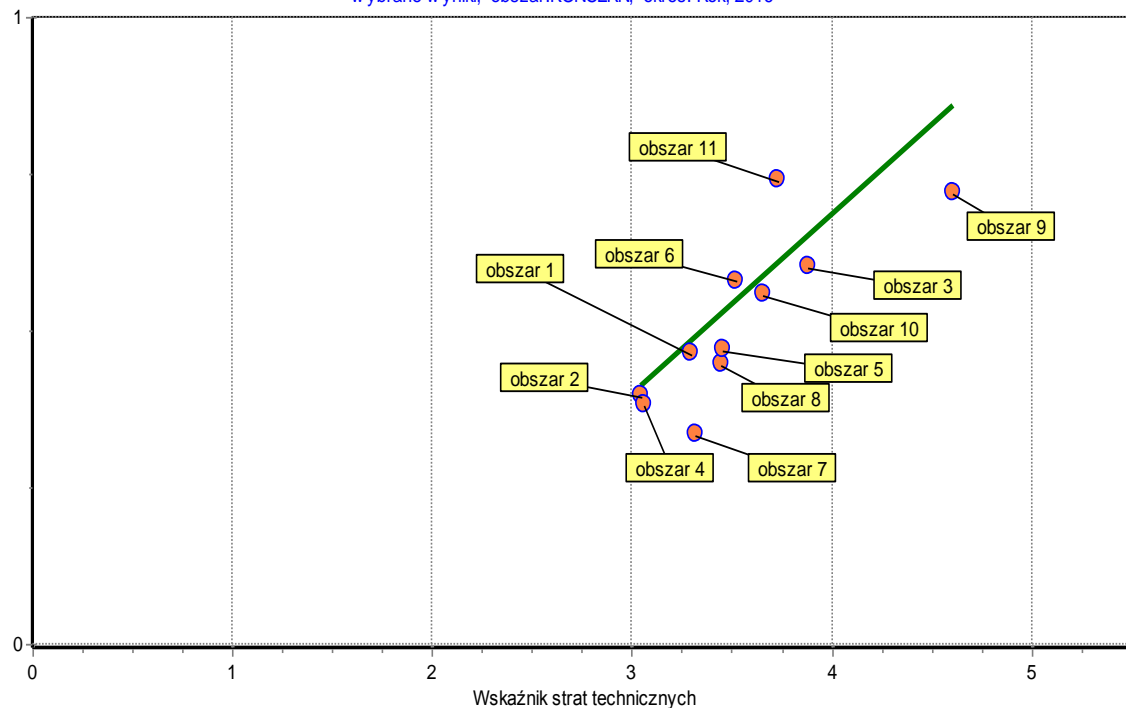
Parametr sieci vs. wskaźnik strat
wybrane wyniki, obszar: KONCERN, okres: Rok, 2016



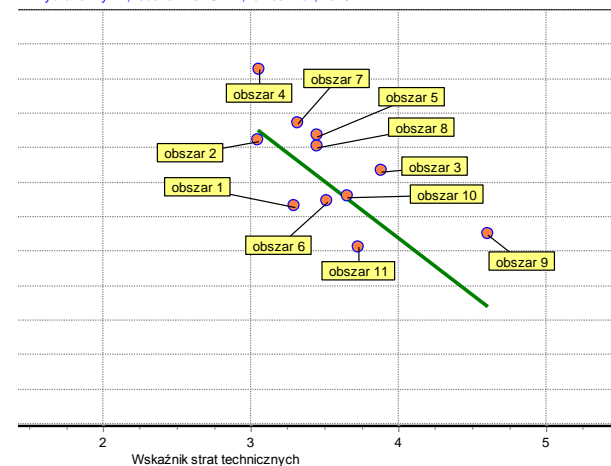
Parametr sieci vs. wskaźnik strat
wybrane wyniki, obszar: KONCERN, okres: Rok, 2016



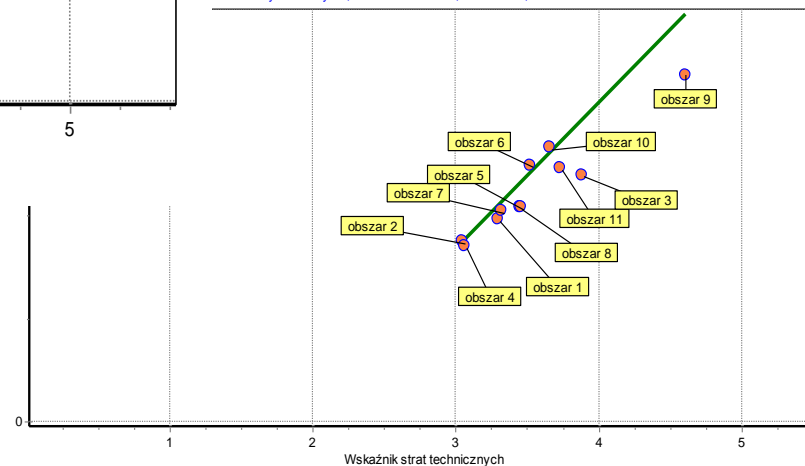
Parametr sieci vs. wskaźnik strat
w wybrane wyniki, obszar: KONCERN, okres: Rok, 2016



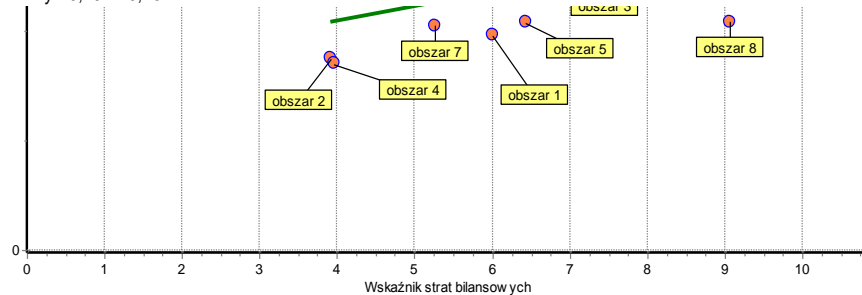
Parametr sieci vs. wskaźnik strat
w wybrane wyniki, obszar: KONCERN, okres: Rok, 2016



Parametr sieci vs. wskaźnik strat
w wybrane wyniki, obszar: KONCERN, okres: Rok, 2016



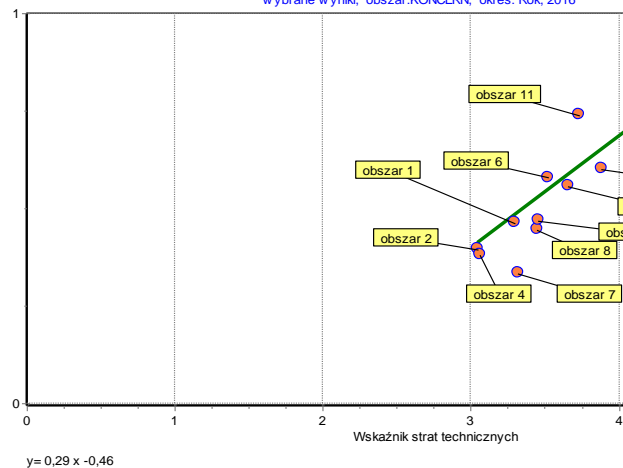
$$y = 0,29x - 0,46$$



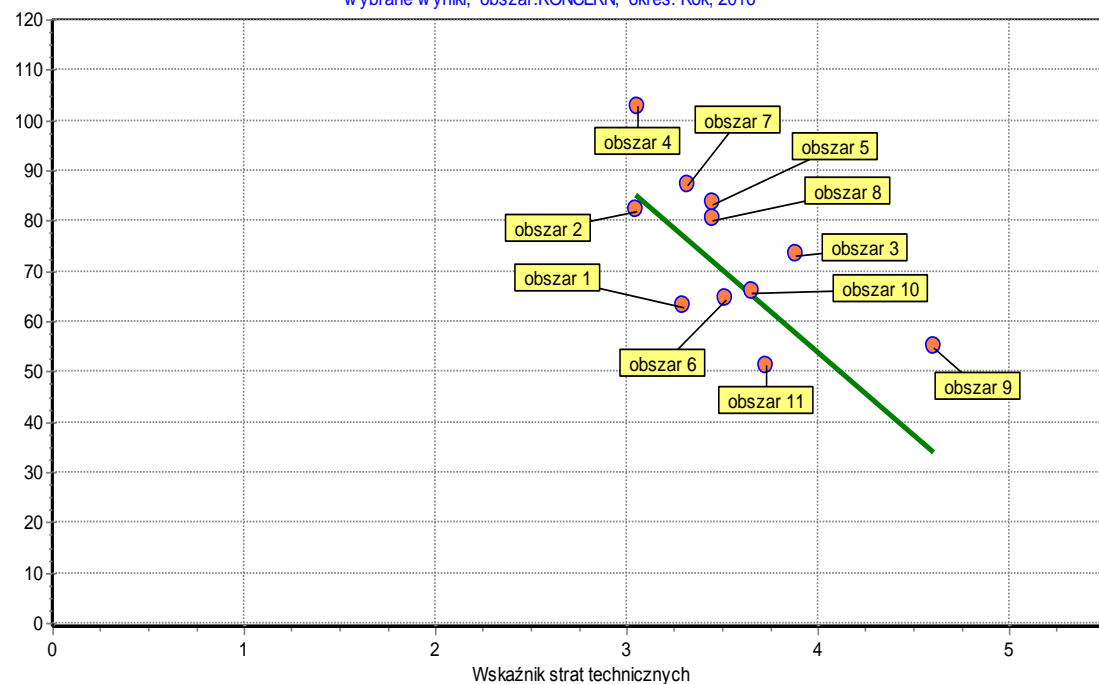
$$y = 0,03x + 0,39$$

$$y = 0,35x - 0,65$$

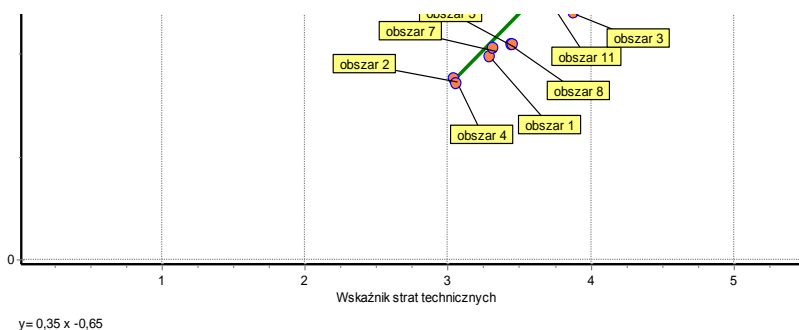
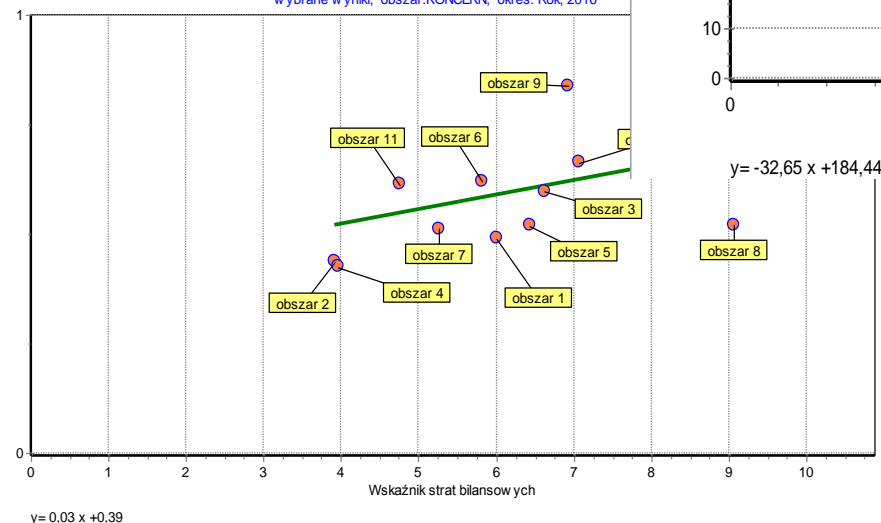
Parametr sieci vs. wskaźnik strat
wybrane wyniki, obszar: KONCERN, okres: Rok, 2016



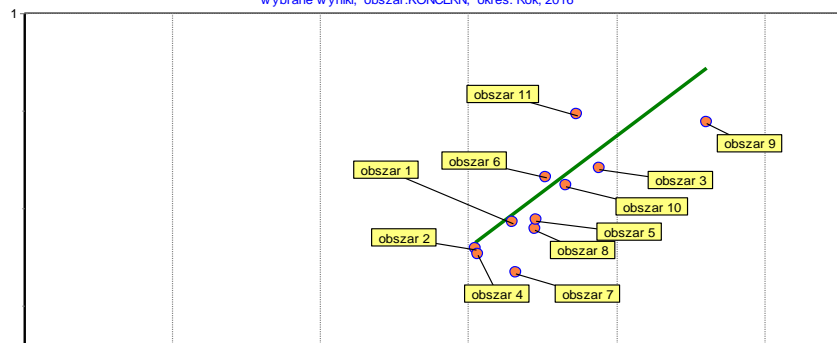
Parametr sieci vs. wskaźnik strat
wybrane wyniki, obszar: KONCERN, okres: Rok, 2016



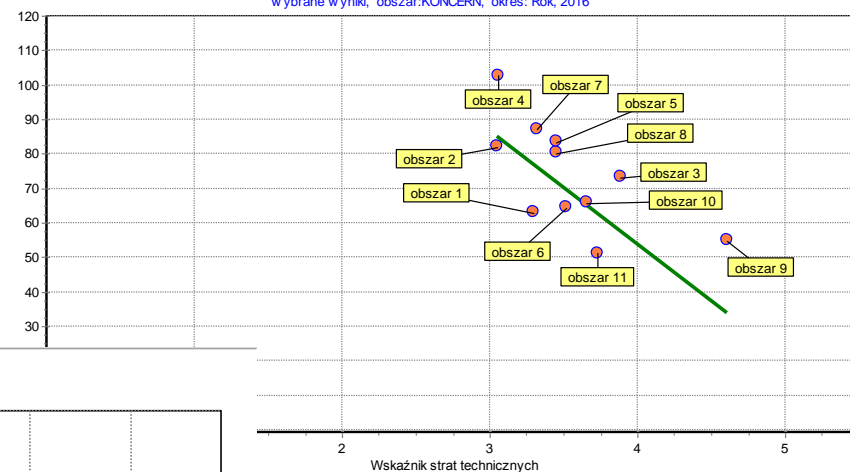
Parametr sieci vs. wskaźnik strat
wybrane wyniki, obszar: KONCERN, okres: Rok, 2016



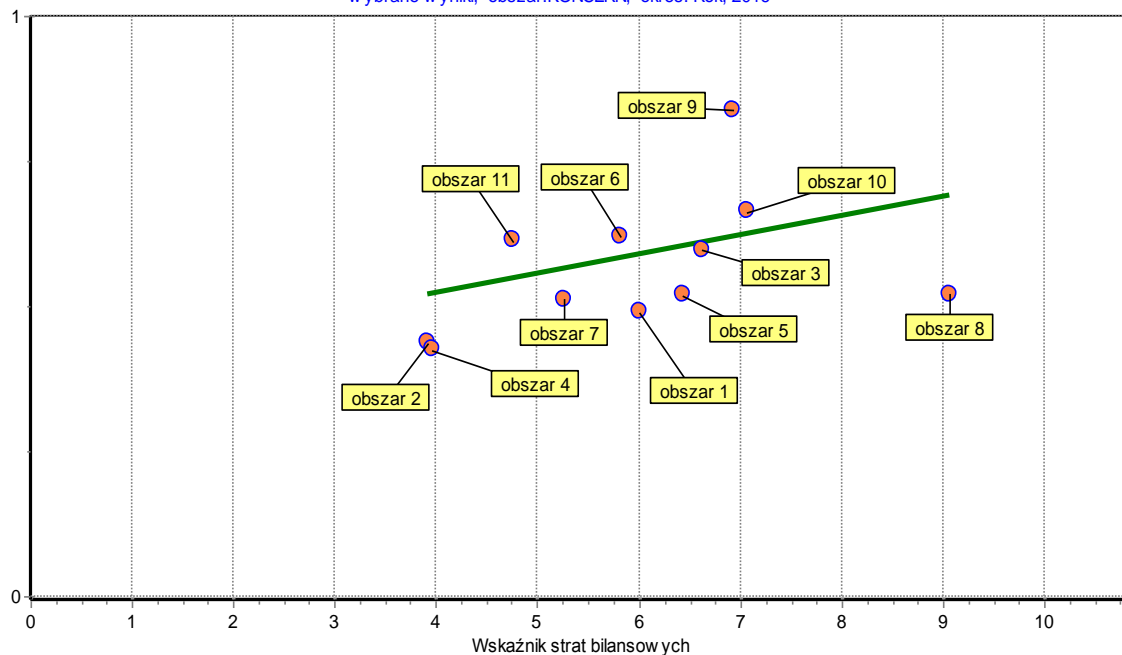
Parametr sieci vs. wskaźnik strat
wybrane wyniki, obszar: KONCERN, okres: Rok, 2016



Parametr sieci vs. wskaźnik strat
wybrane wyniki, obszar: KONCERN, okres: Rok, 2016

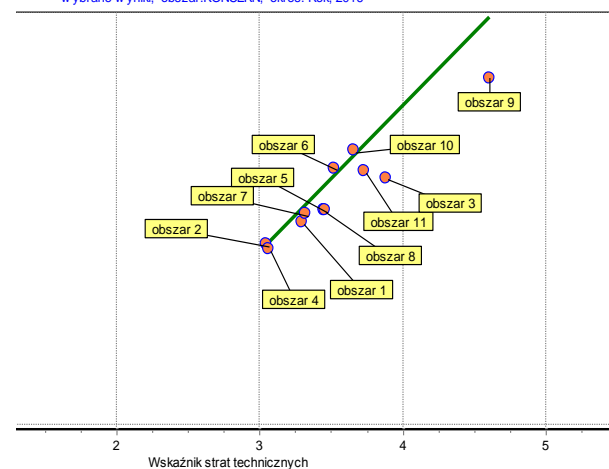


Parametr sieci vs. wskaźnik strat
wybrane wyniki, obszar: KONCERN, okres: Rok, 2016

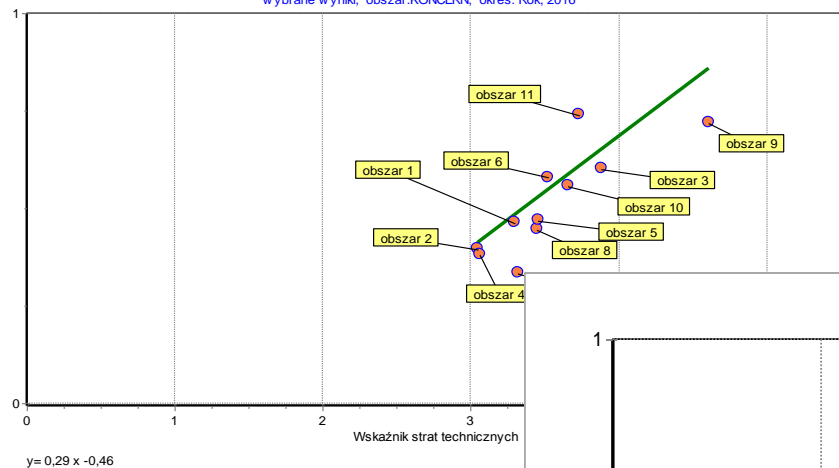


$$y = 0,03x + 0,39$$

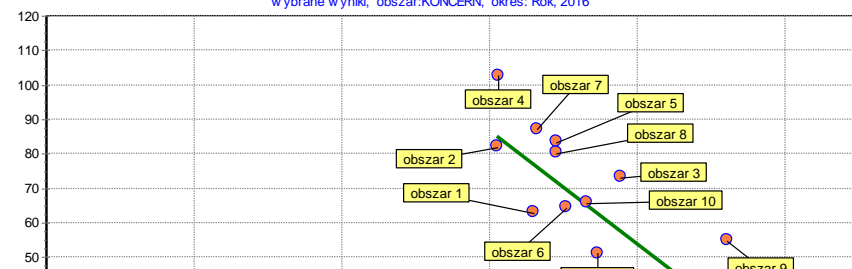
Parametr sieci vs. wskaźnik strat
wybrane wyniki, obszar: KONCERN, okres: Rok, 2016



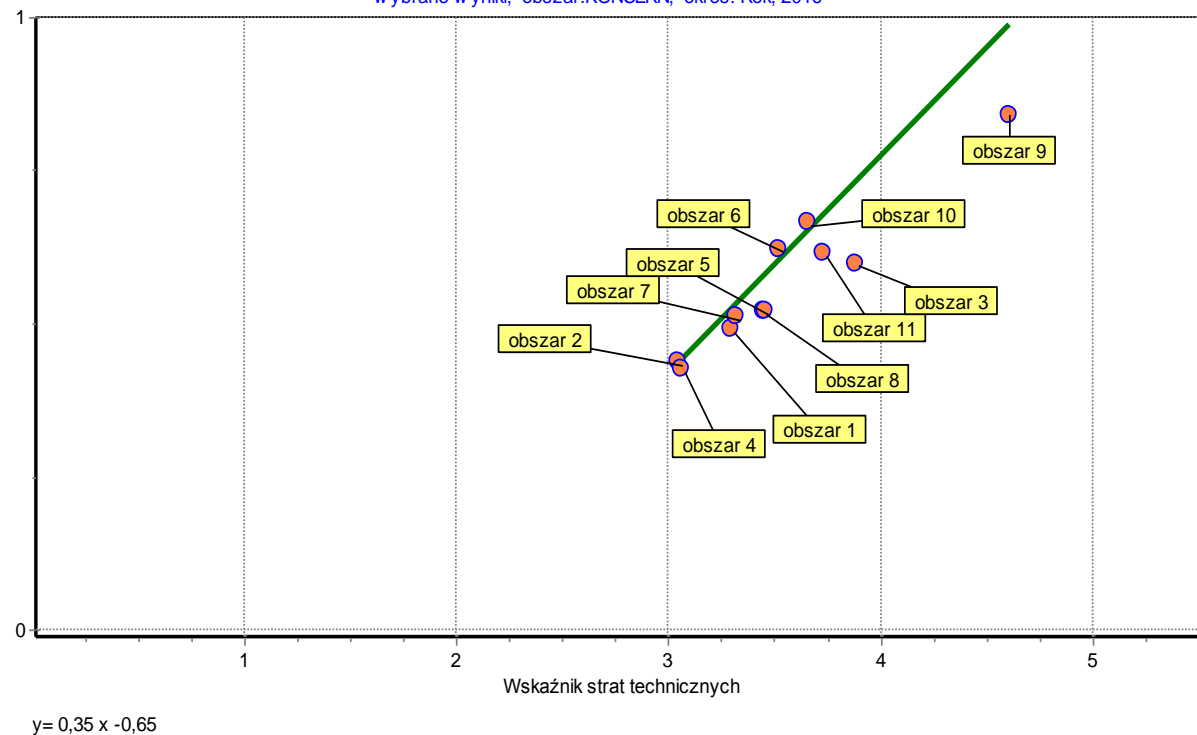
Parametr sieci vs. wskaźnik strat
wybrane wyniki, obszar: KONCERN, okres: Rok, 2016



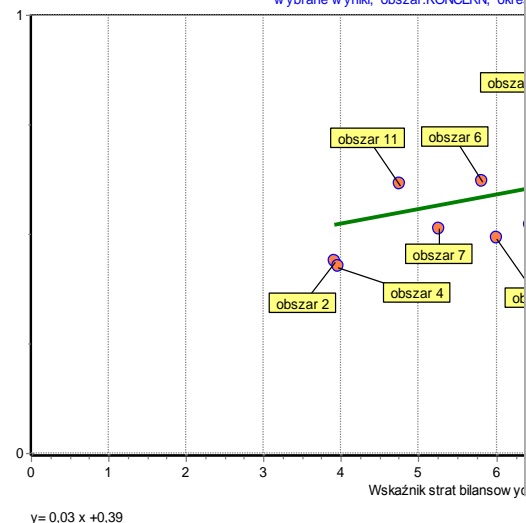
Parametr sieci vs. wskaźnik strat
wybrane wyniki, obszar: KONCERN, okres: Rok, 2016



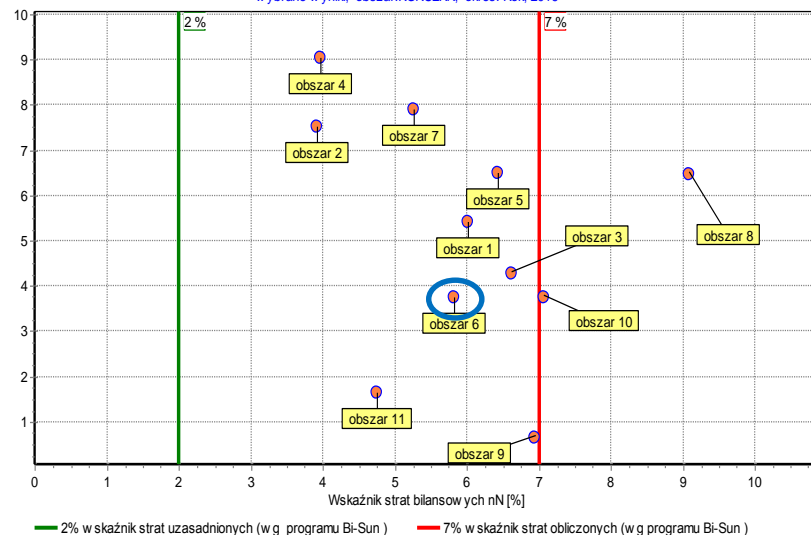
Parametr sieci vs. wskaźnik strat
wybrane wyniki, obszar: KONCERN, okres: Rok, 2016



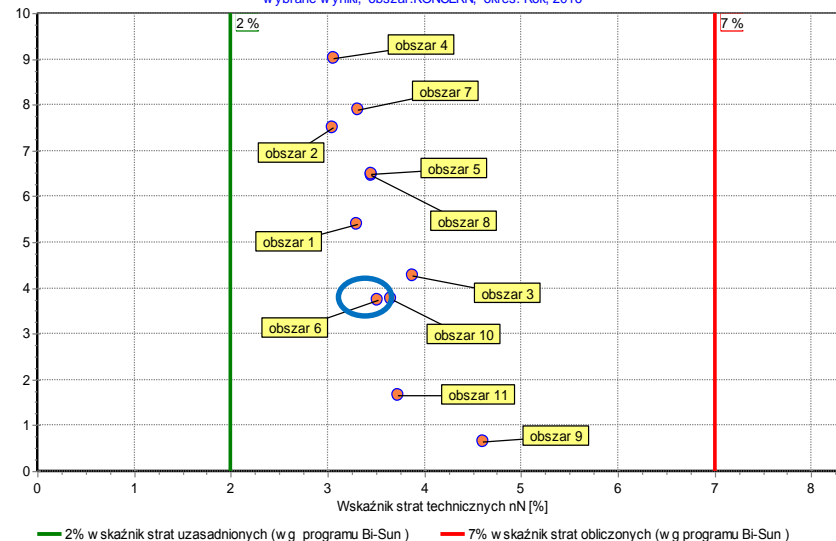
Parametr sieci vs. wskaźnik strat
wybrane wyniki, obszar: KONCERN, okres: Rok, 2016



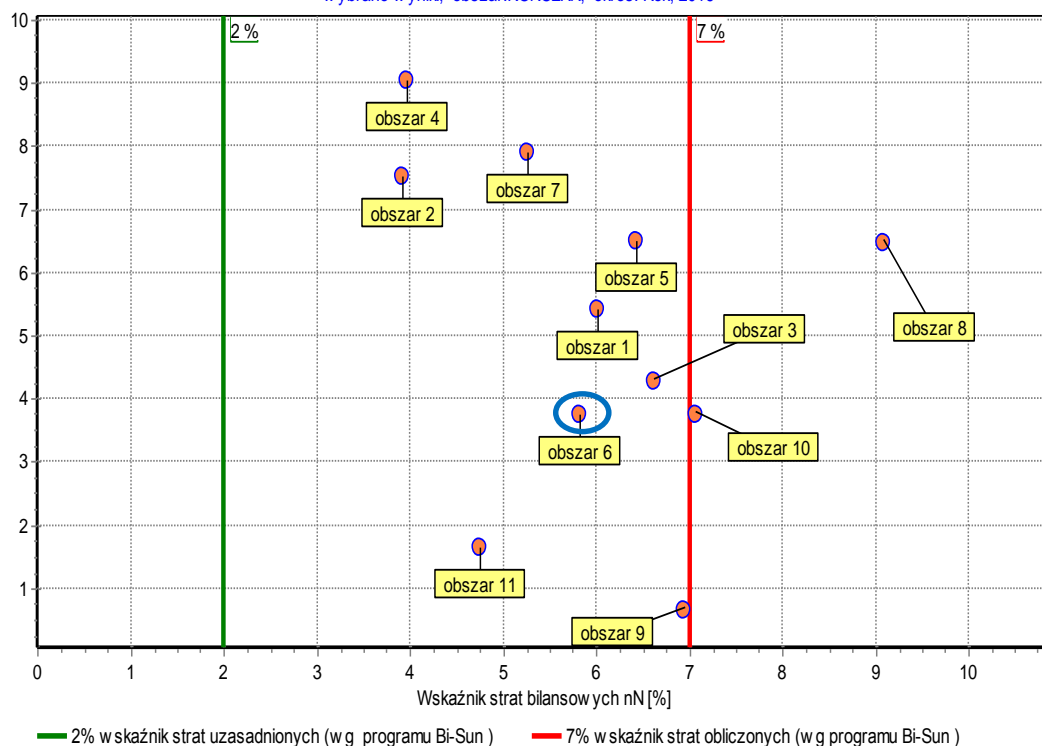
Lokalizacja obszarów na mapie strat bilansowych w sieci nN
wybrane wyniki, obszar: KONCERN, okres: Rok, 2016



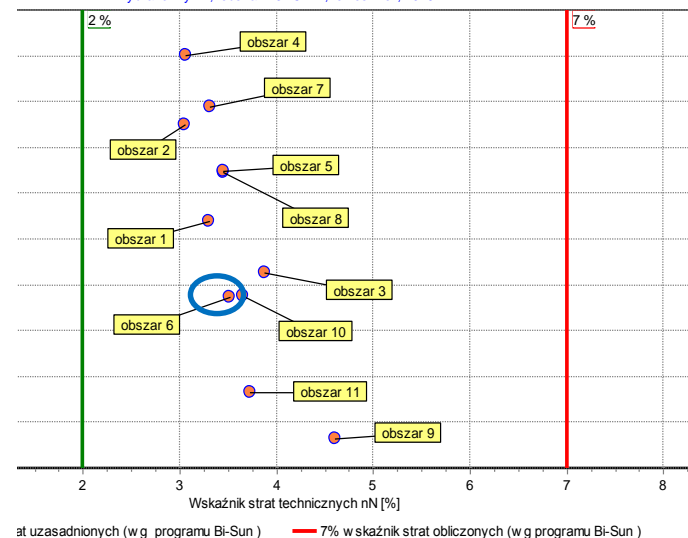
Lokalizacja obszarów na mapie strat technicznych w sieci nN
wybrane wyniki, obszar: KONCERN, okres: Rok, 2016

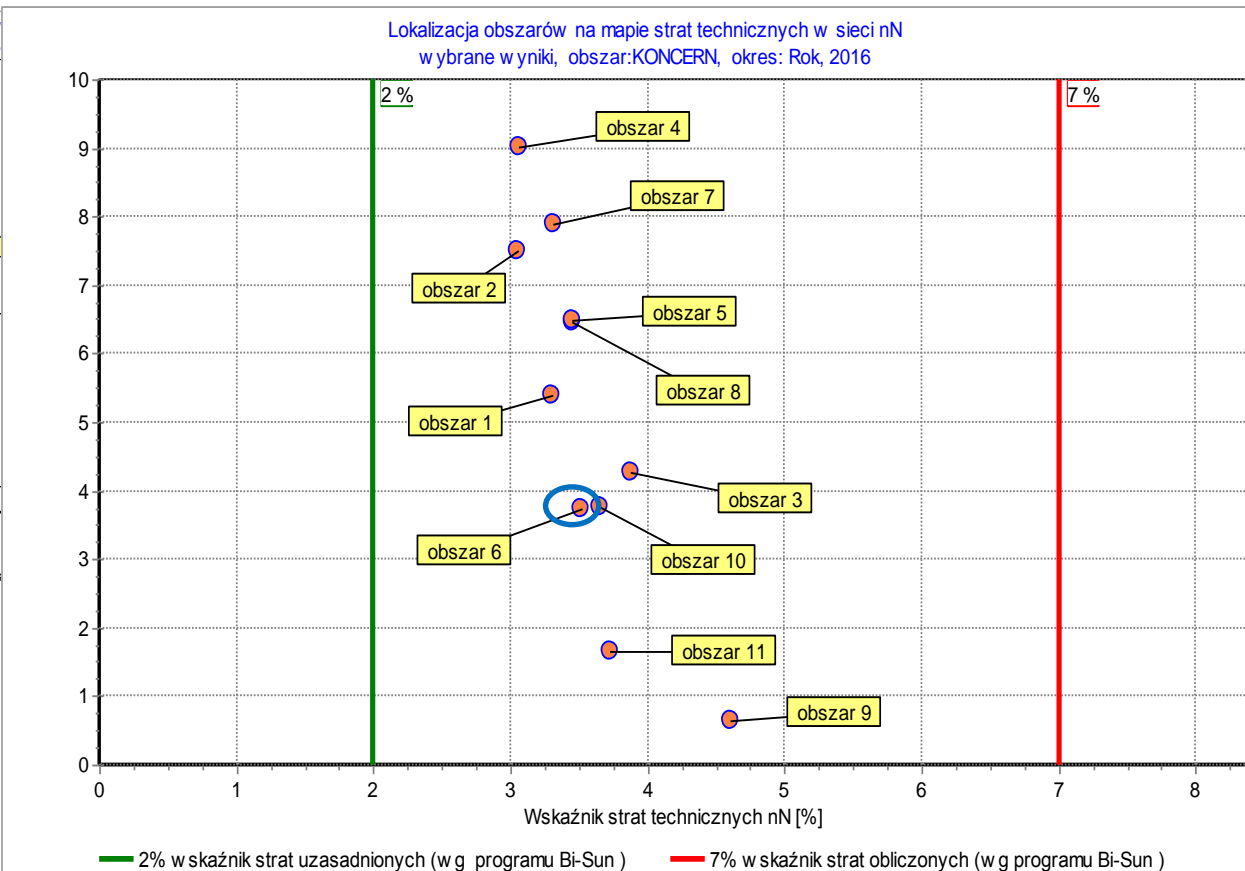
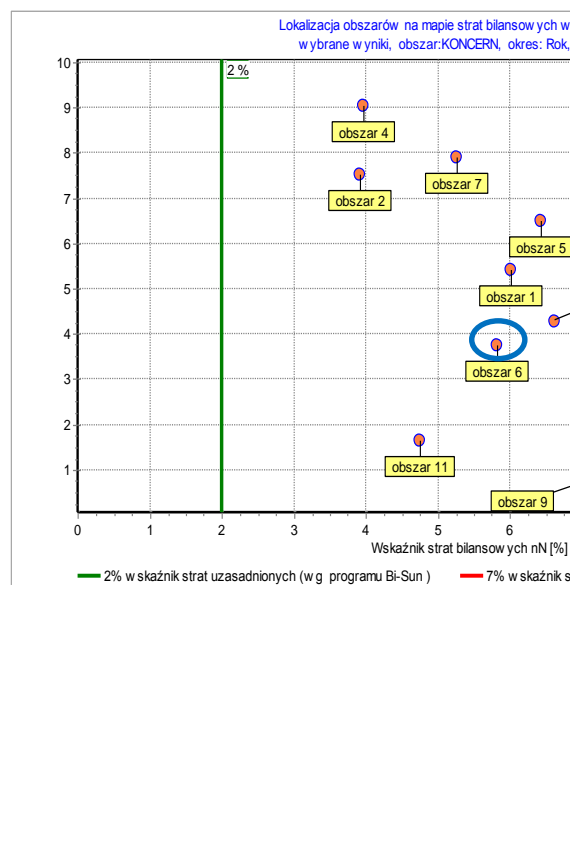


Lokalizacja obszarów na mapie strat bilansowych w sieci nN
wybrane wyniki, obszar: KONCERN, okres: Rok, 2016

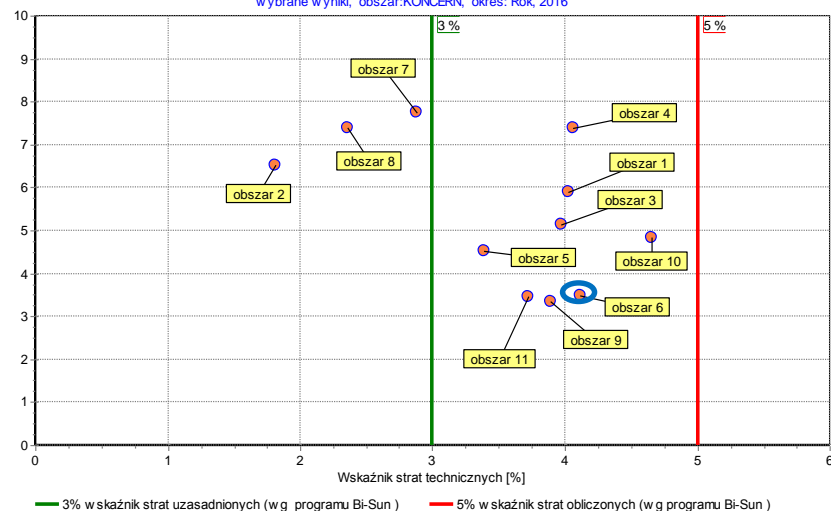


Lokalizacja obszarów na mapie strat technicznych w sieci nN
wybrane wyniki, obszar: KONCERN, okres: Rok, 2016

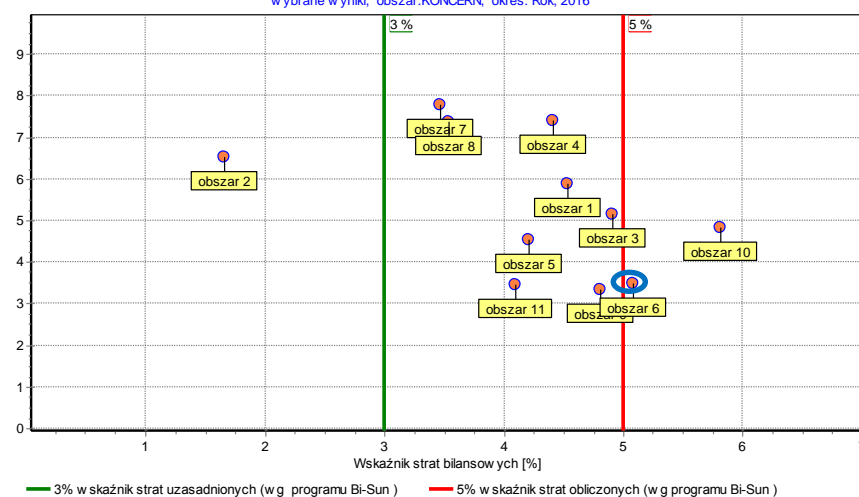




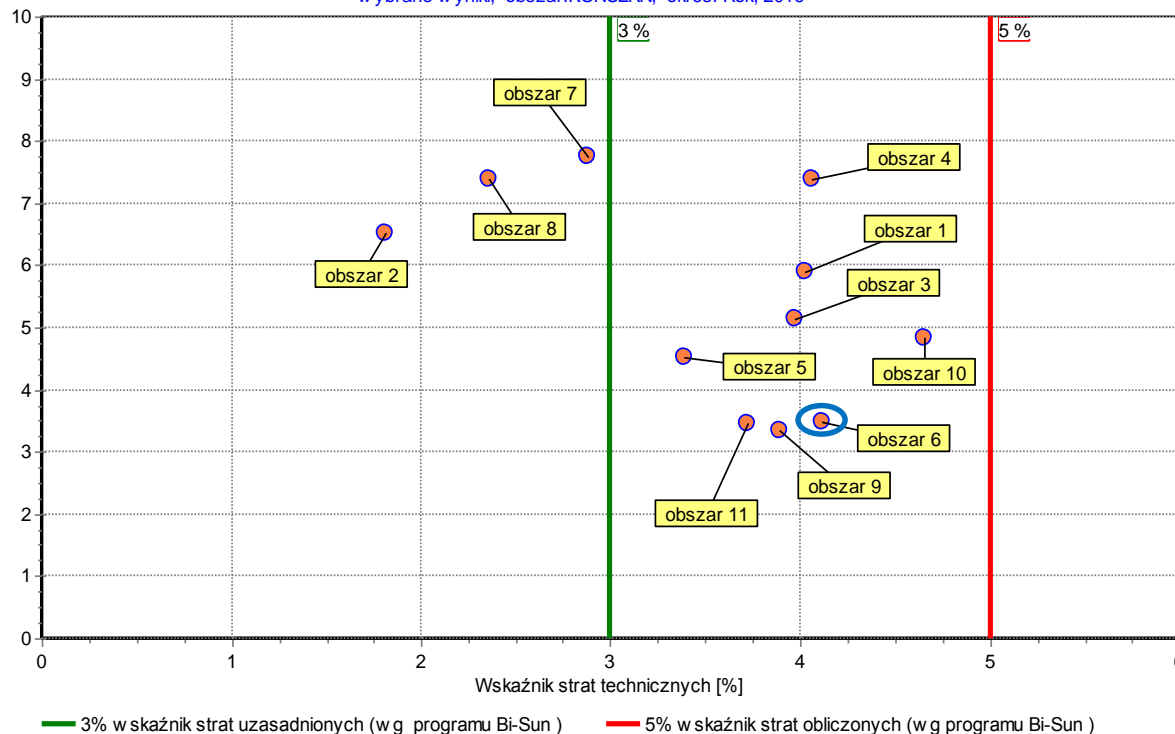
Lokalizacja obszarów na mapie strat technicznych sieci nN+SN+WN
wybrane wyniki, obszar: KONCERN, okres: Rok, 2016



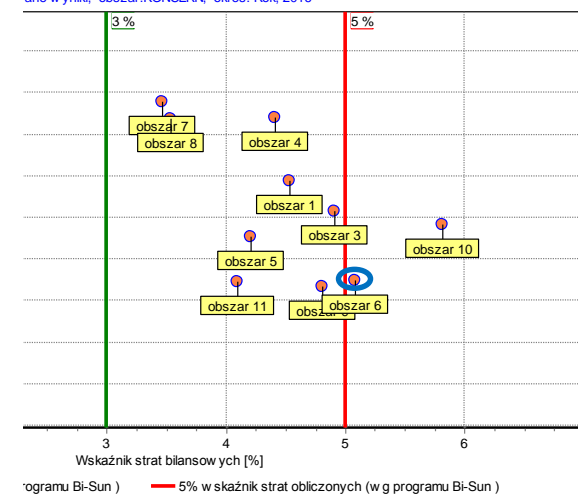
Lokalizacja obszarów na mapie strat bilansowych sieci nN+SN+WN
wybrane wyniki, obszar: KONCERN, okres: Rok, 2016



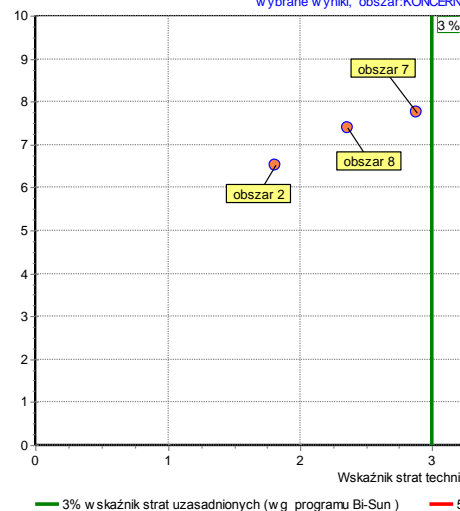
Lokalizacja obszarów na mapie strat technicznych sieci nN+SN+WN
wybrane wyniki, obszar: KONCERN, okres: Rok, 2016



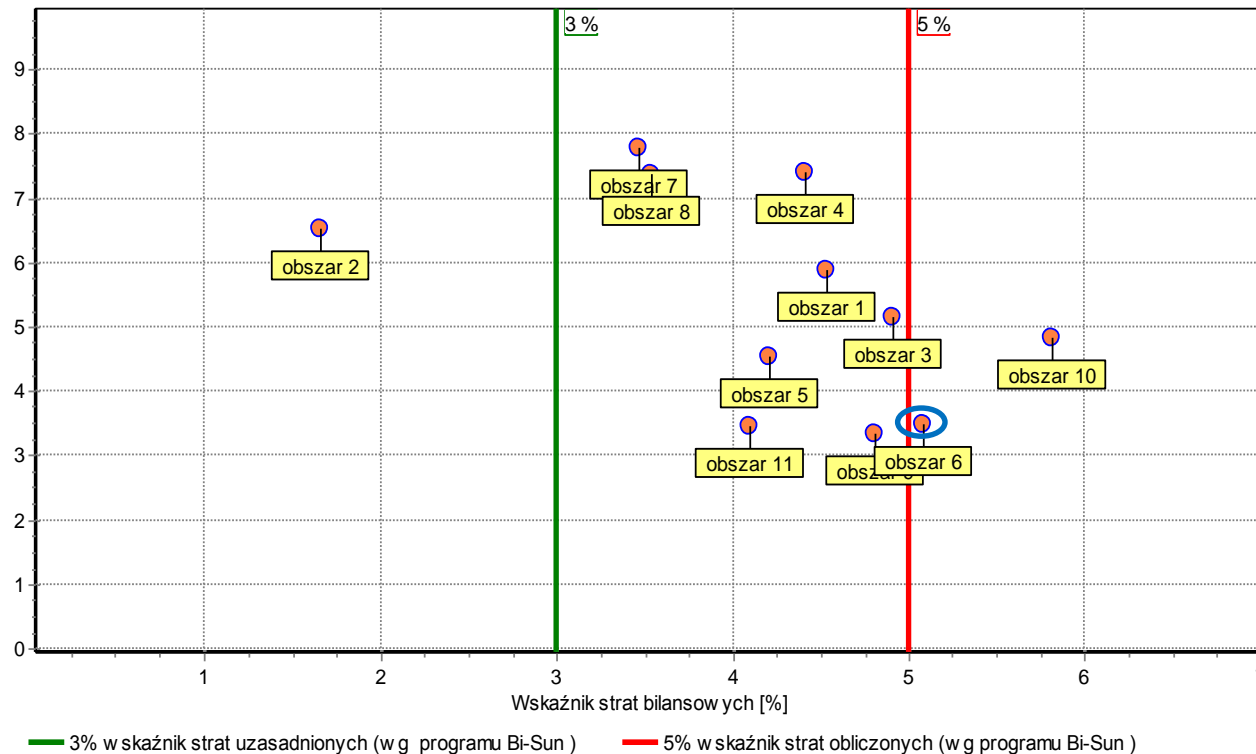
obszarów na mapie strat bilansowych sieci nN+SN+WN
ane wyniki, obszar: KONCERN, okres: Rok, 2016



Lokalizacja obszarów na mapie strat technicznych
wybrane wyniki, obszar: KONCERN



Lokalizacja obszarów na mapie strat bilansowych sieci nN+SN+WN
wybrane wyniki, obszar: KONCERN, okres: Rok, 2016



Podsumowanie i wnioski

1. Przedmiotem oceny jest oszacowanie zaawansowania technicznego obszarów spółki dystrybucyjnej na podstawie zmiennych diagnostycznych.
2. Zmiennymi diagnostycznymi są parametry opisujące stan zaawansowania technicznego poszczególnych obszarów i obejmujące możliwie pełny opis stanu technicznego obszarów.
3. Niewielka liczba zmiennych diagnostycznych pozwala na przeprowadzenie oceny obszarów w sposób przejrzysty.
4. Ocena zaawansowania technicznego infrastruktury sieciowej może być dokonana dla poszczególnych rodzajów sieci (nN, SN, WN), również można poszczególne obszary oceniać w sposób zagregowany – łącznie dla wszystkich rodzajów sieci.
5. Oceny cząstkowe i wielokryterialne są przeprowadzone w odniesieniu do wskaźnika strat technicznych energii i wskaźnika strat bilansowych w tych obszarach.
6. Biorąc pod uwagę cząstkowe oceny wybranego obszaru, można zauważyć zmiany wartości oceny tego obszaru w zależności od zmiennej diagnostycznej. Ostateczną ocenę tego obszaru uzyskuje się przeprowadzając ocenę wielokryterialną z uwzględnieniem wszystkich zmiennych diagnostycznych.
7. Upatruje się, że aktualnie stosowane oprogramowanie do analiz i zarządzania siecią dystrybucyjną powinno być standardowo wyposażone w moduły dedykowane do oceny parametrycznej. Takie rozwiązanie zminimalizuje nakłady czasowe na zgromadzenie niezbędnych do oceny danych oraz, po wykonaniu obliczeń, w sposób syntetyczny zilustruje aktualny poziom zaawansowania technicznego infrastruktury sieciowej oraz potencjał optymalizacji zarówno inwestycyjnej, jak bezinwestycyjnej eksploatacji sieci.

Pytania recenzenta:

1. Dążenie do zmniejszania strat energii w sieciach elektroenergetycznych jest jednym z ważnych zadań stojących przed operatorami systemów sieciowych - przesyłowego i dystrybucyjnych, wynikających z ustawy o efektywności energetycznej. Czy zaproponowana metodyka wskaże optymalną strukturę sieci, na wybranym obszarze, gwarantującą minimum strat?
2. Zamieszczone wykresy można porównywać parami, tzn. jedna grupa odnosi się do wskaźnika strat technicznych a druga do wskaźnika strat bilansowych. Czy Autorzy mogą wyjaśnić, co powoduje tak znaczące różnice w usytuowaniu obszarów w w/w przypadkach?
3. Na wszystkich rysunkach (nie tylko na 5, jak wynika z tekstu na stronie 6) zaznaczono lokalizację wybranego Obszaru wynikającą z oceny wielokryterialnej. Czym był podyktowany wybór tego Obszaru?
4. Czy na podstawie zaprezentowanych ocen cząstkowych i wielokryterialnych można sformułować konkretne zalecenia techniczne dla analizowanych Obszarów?

Dziękuję za uwagę