



OMNIS

Otwartość. Modernizacja. Nowoczesność. Integracja. Społeczność.

Optymalizacja w inżynierii lotniczej i kosmicznej

Wykład 13

Wstępny dobór cech projektowanego samolotu
House of Quality (Quality Function Deployment)

1130-LK000-MSP-1037



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



Politechnika Warszawska



OMNIS

Zagadnienia

- Wstęp
- QFD – Quality Function Deployment
- Dom Jakości (House of Quality)
- Przykłady zastosowań
- Podsumowanie (zalety i wady)



OMNIS

Dom Jakości (HoQ) - wstęp

Dom jakości (House of Quality, inaczej Quality Function Deployment) - oznacza dopasowanie funkcji jakości. Nazwany tak w związku z charakterystycznym wyglądem macierzy analitycznej.

Po raz pierwszy został zastosowany w roku 1972 w Japonii (Yoji Akao opr. 1966). Celem QFD jest przełożenie potrzeb i oczekiwań odbiorców na charakterystyki wyrobu lub usługi. Coraz silniejsze naciski na zmniejszenie kosztów projektowania i skrócenie czasu jego trwania sprawiły, że pojawiła się potrzeba stworzenia metody, która umożliwiłaby przełożenie uświadomionych i nieuświadomionych wymagań klientów na parametry techniczne z jednoczesnym uwzględnieniem możliwości technologicznych, stopnia istotności poszczególnych cech oraz powiązań pomiędzy nimi. Odpowiedzią na tę potrzebę stała się metoda QFD. Dom jakości pozwala na: stworzenie jednolitej struktury organizacyjnej, przełamywanie barier pomiędzy działami, przepływ informacji o oczekiwaniach klienta, podejmowanie trafnych decyzji na podstawie zgromadzonej wiedzy, uniknięcie wielu kosztów i straty czasu.





OMNIS

Dom jakości (House of Quality)

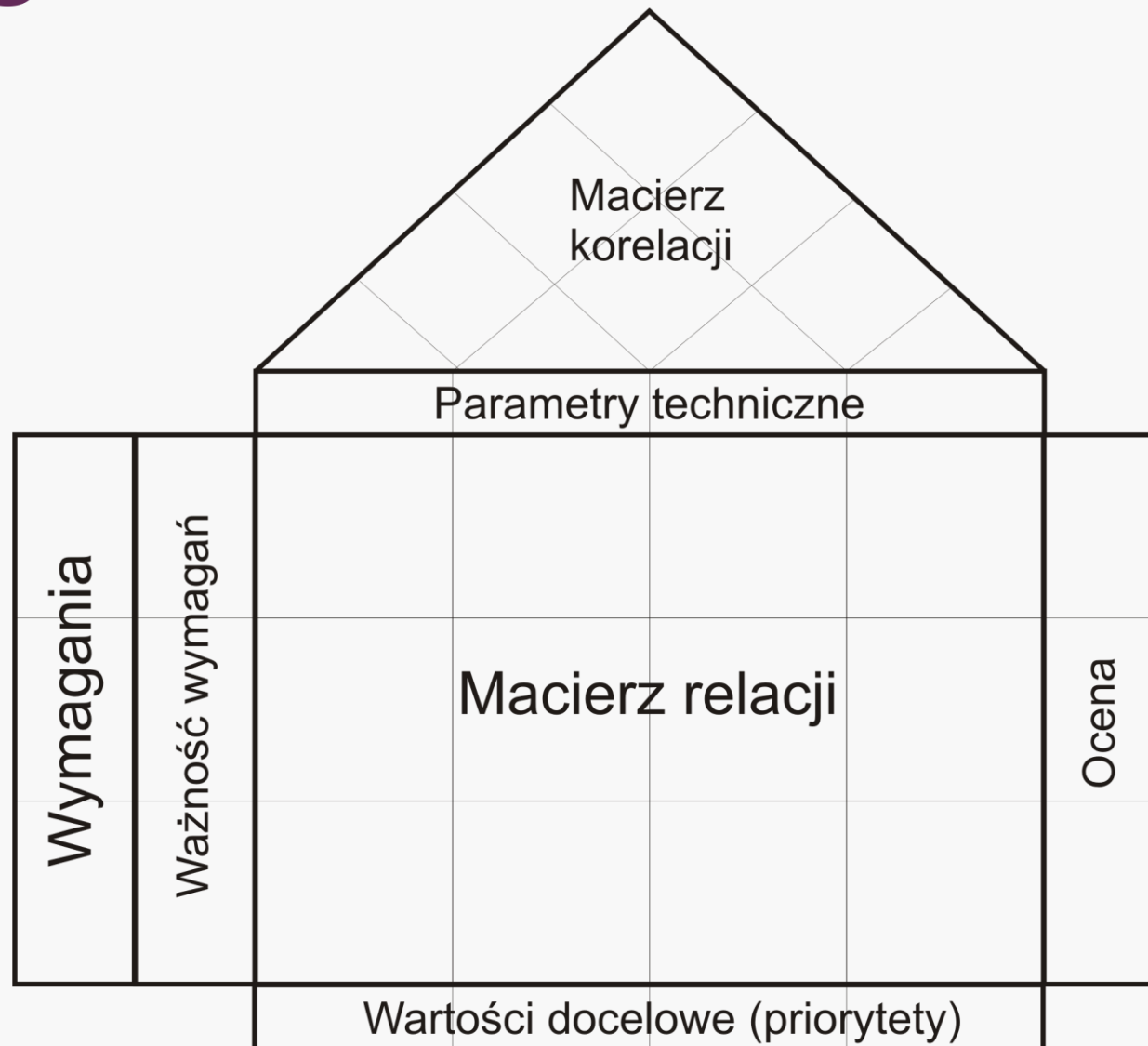
Dom Jakości (ang. *House of Quality*) to kluczowe narzędzie i pierwsza matryca w ramach metody **QFD** (*Quality Function Deployment* – Rozwinięcie Funkcji Jakości). Służy do systematycznego tłumaczenia subiektywnych potrzeb klienta na konkretne parametry techniczne produktu lub usługi.





OMNIS

Struktura Domu Jakości



Otwartość. Modernizacja. Nowoczesność. Integracja. Społeczność.



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



Politechnika Warszawska



OMNIS

Struktura Domu Jakości

1. Lewa strona (Wymagania): "Głos klienta" (ang. Voice of the Customer) – czego użytkownik oczekuje od produktu.
2. Sufit (Parametry techniczne): Charakterystyki inżynierskie, które odpowiadają na potrzeby klienta.
3. Środek (Macierz relacji): Określenie siły powiązań między wymaganiami klienta a parametrami technicznymi.
4. Dach (Macierz korelacji): Analiza współzależności między samymi parametrami technicznymi (np. czy poprawa jednej cechy nie psuje innej).
5. Prawa strona (Benchmarking): Porównanie własnego produktu z ofertą konkurencji w oczach klienta.
6. Fundament (Wartości docelowe): Wyznaczone priorytety i docelowe wielkości parametrów technicznych.

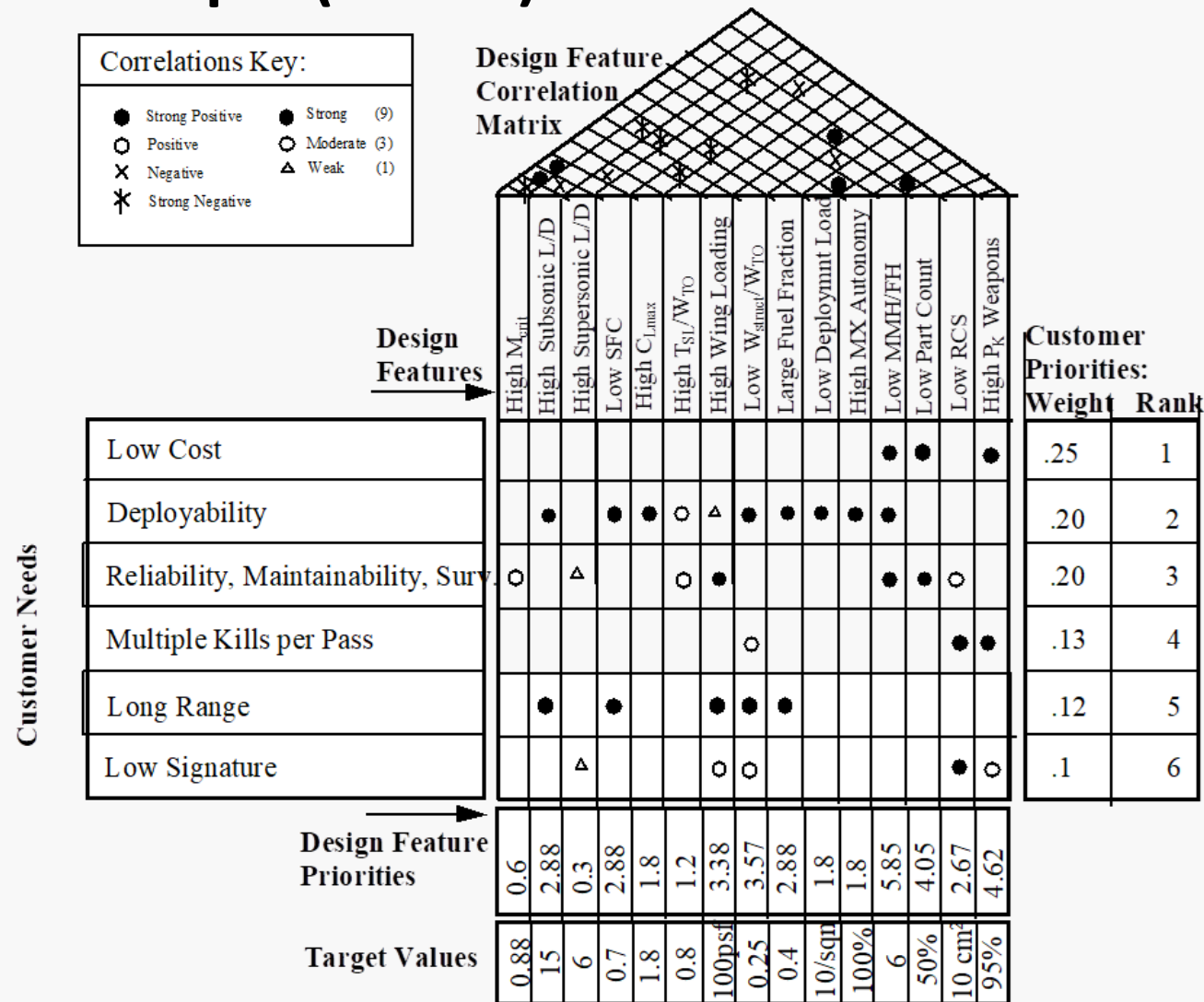




OMNIS

Dom Jakości (HoQ) – przykład dla samolotu bojowego etap 1 (what?)

Otwartość. Modernizacja. Nowoczesność. Integracja. Społeczność.





OMNIS

Struktura Domu Jakości – macierz relacji

Macierz relacji (Relationship Matrix) w Domu Jakości (HoQ) to centralna część diagramu, która łączy wymagania klientów (tzw. "WHATs") z technicznymi charakterystykami produktu/usługi (tzw. "HOWs"). Służy do oceny, w jakim stopniu konkretne rozwiązanie techniczne wpływa na zaspokojenie danej potrzeby klienta.

Skala ocen (najczęściej stosowana):

- Silna relacja (9 punktów): Rozwiązanie techniczne ma bezpośredni i ogromny wpływ na spełnienie wymagania klienta.
- Średnia relacja (3 punkty): Rozwiązanie techniczne ma zauważalny wpływ.
- Słaba relacja (1 punkt): Rozwiązanie techniczne ma niewielki wpływ.
- Brak relacji (0 lub puste pole): Rozwiązanie techniczne nie wpływa na wymaganie.





OMNIS

HoQ - zależności

$$p_i = \frac{\sum_{j=1}^m w_j c_{i,j}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m w_i c_{i,j}}$$

gdzie:

- p_i – znormalizowane wartości priorytetów parametrów technicznych,
- w_j – wagi potrzeb klienta,
- $c_{i,j}$ – współczynniki korelacji,
- m – liczba rozważanych potrzeb klienta,
- n – liczba rozważanych parametrów technicznych





OMNIS

Struktura Domu Jakości – dach korelacji

Dach korelacji w domu jakości (HoQ) uzupełnia się na podstawie eksperckiej oceny inżynierskiej. Służy on do identyfikacji kompromisów (trade-offs) oraz synergii pomiędzy parametrami technicznymi produktu.

Uzupełnienie dachu:

- Zidentyfikuj parametry techniczne – znajdują się one w kolumnach bezpośrednio pod dachem matrycy HoQ.
- Znajdź punkt przecięcia – śledź linie ukośne biegnące w górę od dwóch wybranych parametrów technicznych, aż przetną się w konkretnej komórce dachu.
- Oceń wzajemny wpływ (Zasada: "Jeśli poprawię parametr A, to co stanie się z parametrem B?")





OMNIS

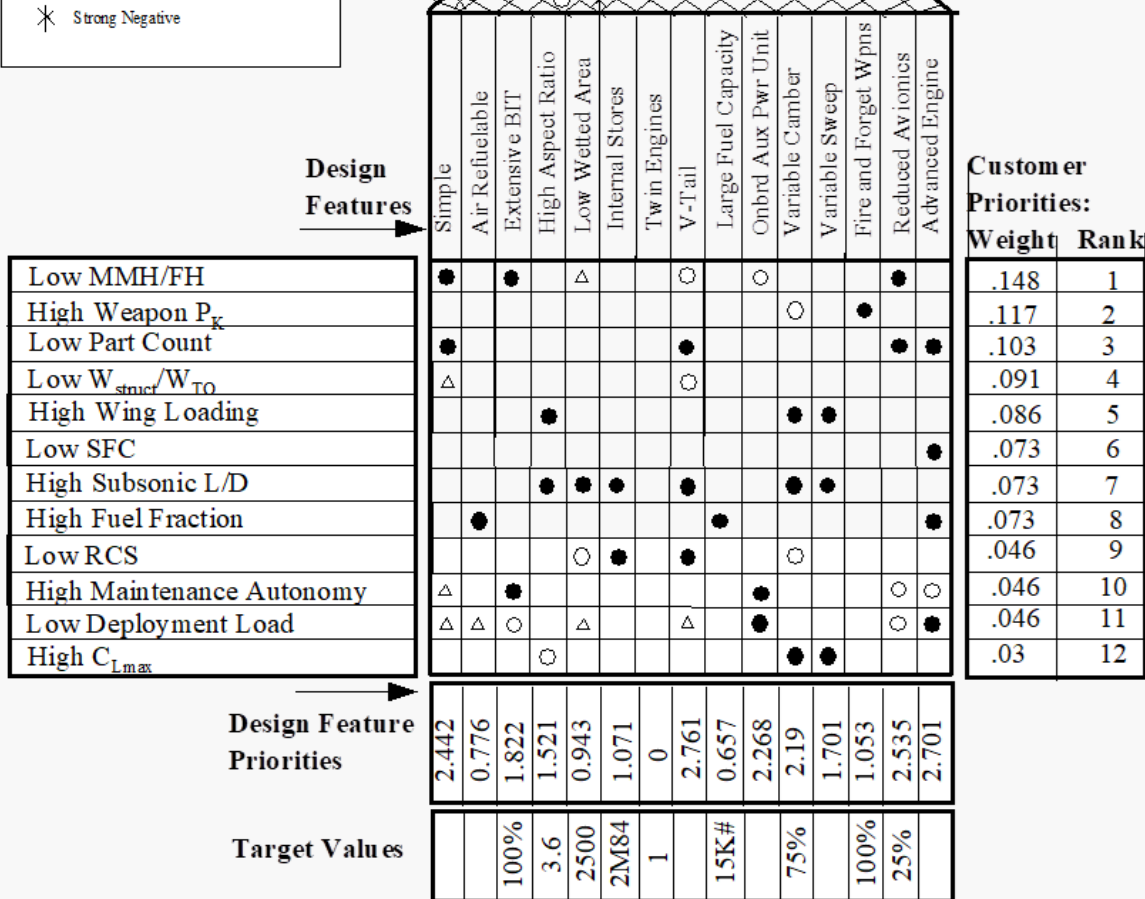
Dom Jakości (HoQ) – przykład dla samolotu bojowego etap 2 (how?)

Otwartość. Modernizacja. Nowoczesność. Integracja. Społeczność.

Correlations Key:

● Strong Positive	● Strong (9)
○ Positive	○ Moderate (3)
× Negative	△ Weak (1)
✱ Strong Negative	

Design Feature Correlation Matrix

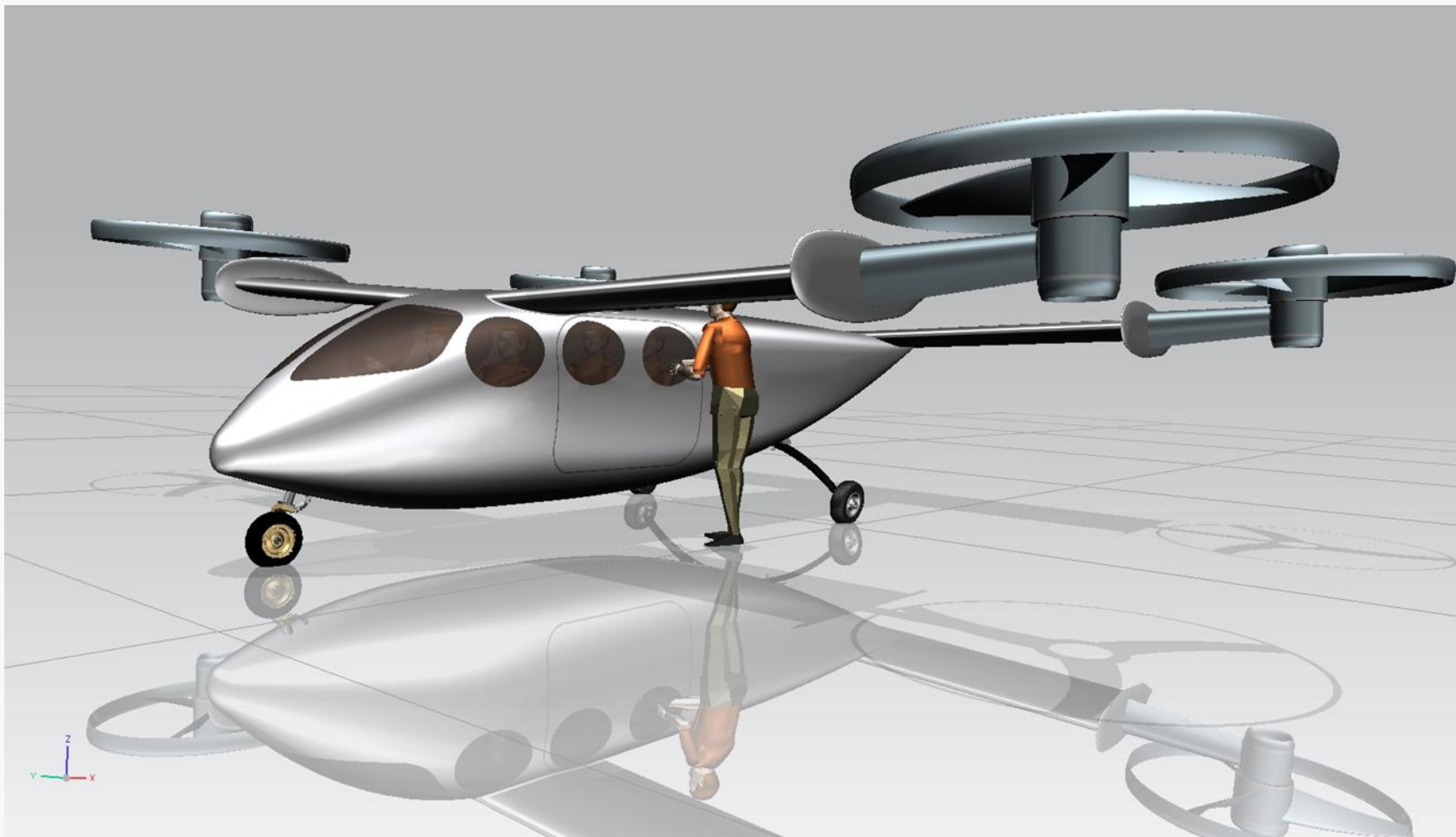




OMNIS

Przykład - PPLANE

Otwartość. Modernizacja. Nowoczesność. Integracja. Społeczność.



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



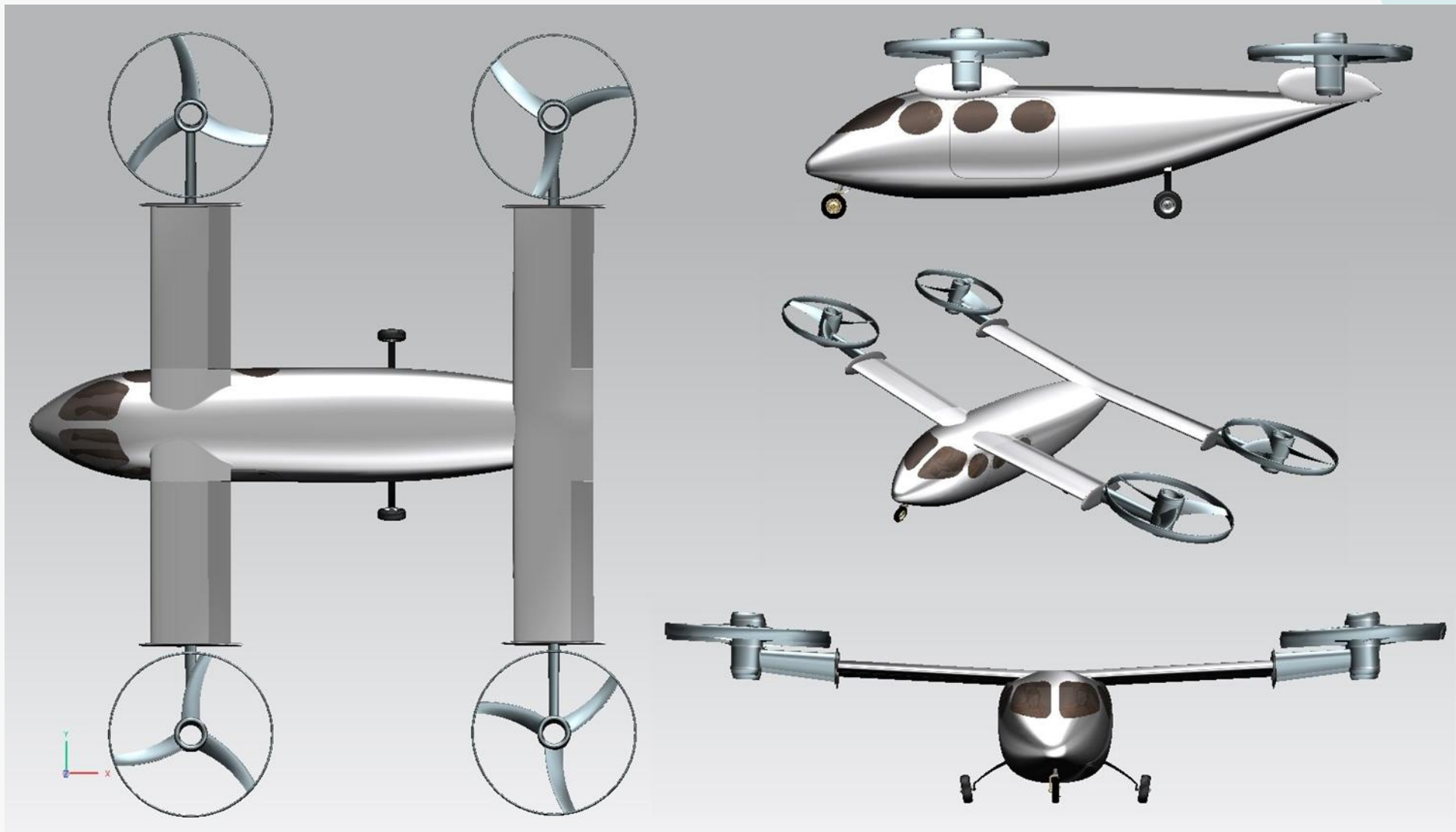
Politechnika Warszawska



OMNIS

Przykład - PPLANE

Otwartość. Modernizacja. Nowoczesność. Integracja. Społeczność.



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego

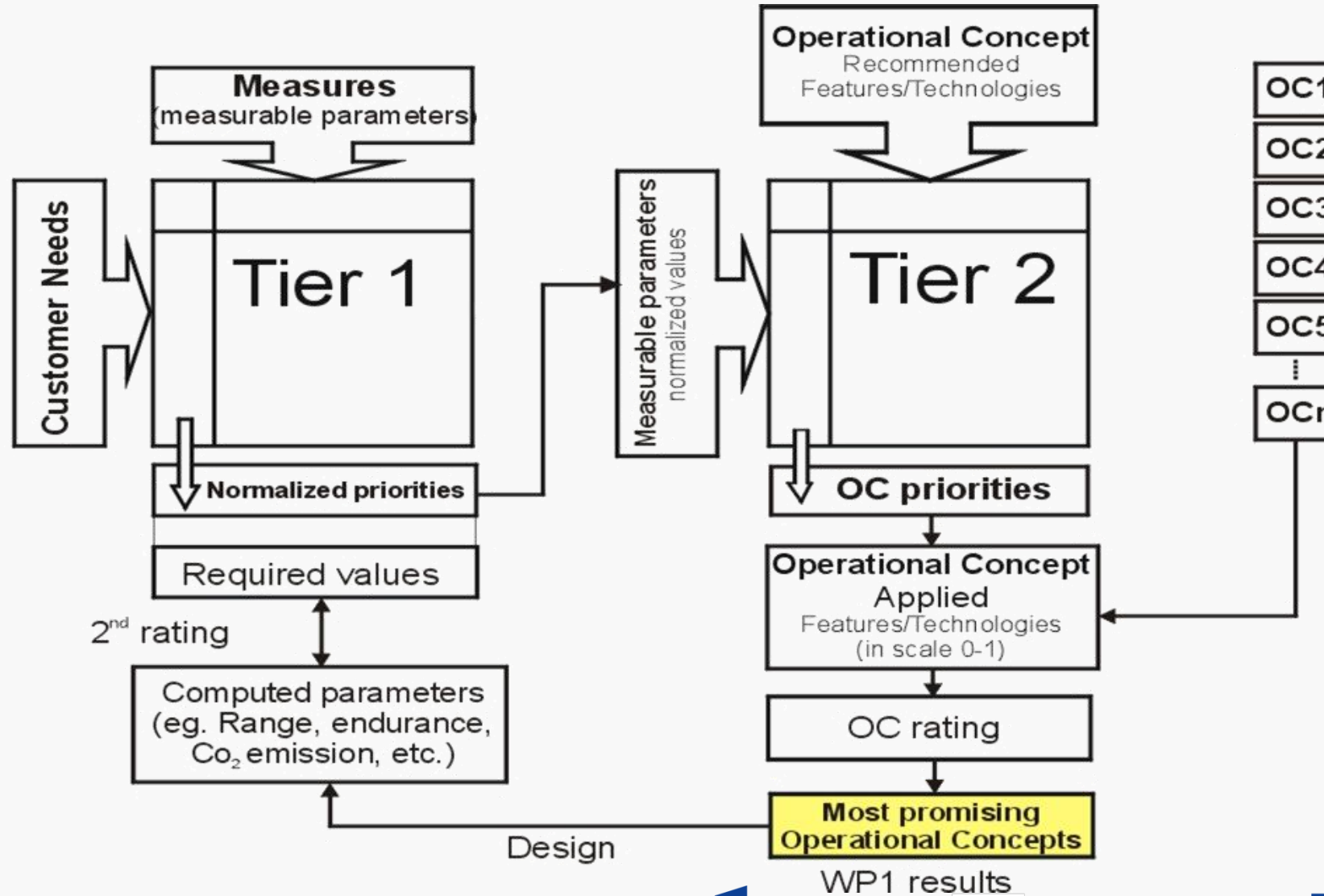


Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



Politechnika Warszawska





by Delphi survey

	Customer needs
1	Safety
2	Door to door time
3	Distance & access to airfield
4	Security
5	Availability
6	Wide range of destination
7	Affordability
8	Environmental friendliness
9	Public acceptance
10	Attractiveness

by ACARE

	Customer needs
1	Safety
2	Door to door time
3	Low weather sensitivity
4	Security
5	Affordability
6	Environmental friendliness
7	Public acceptance

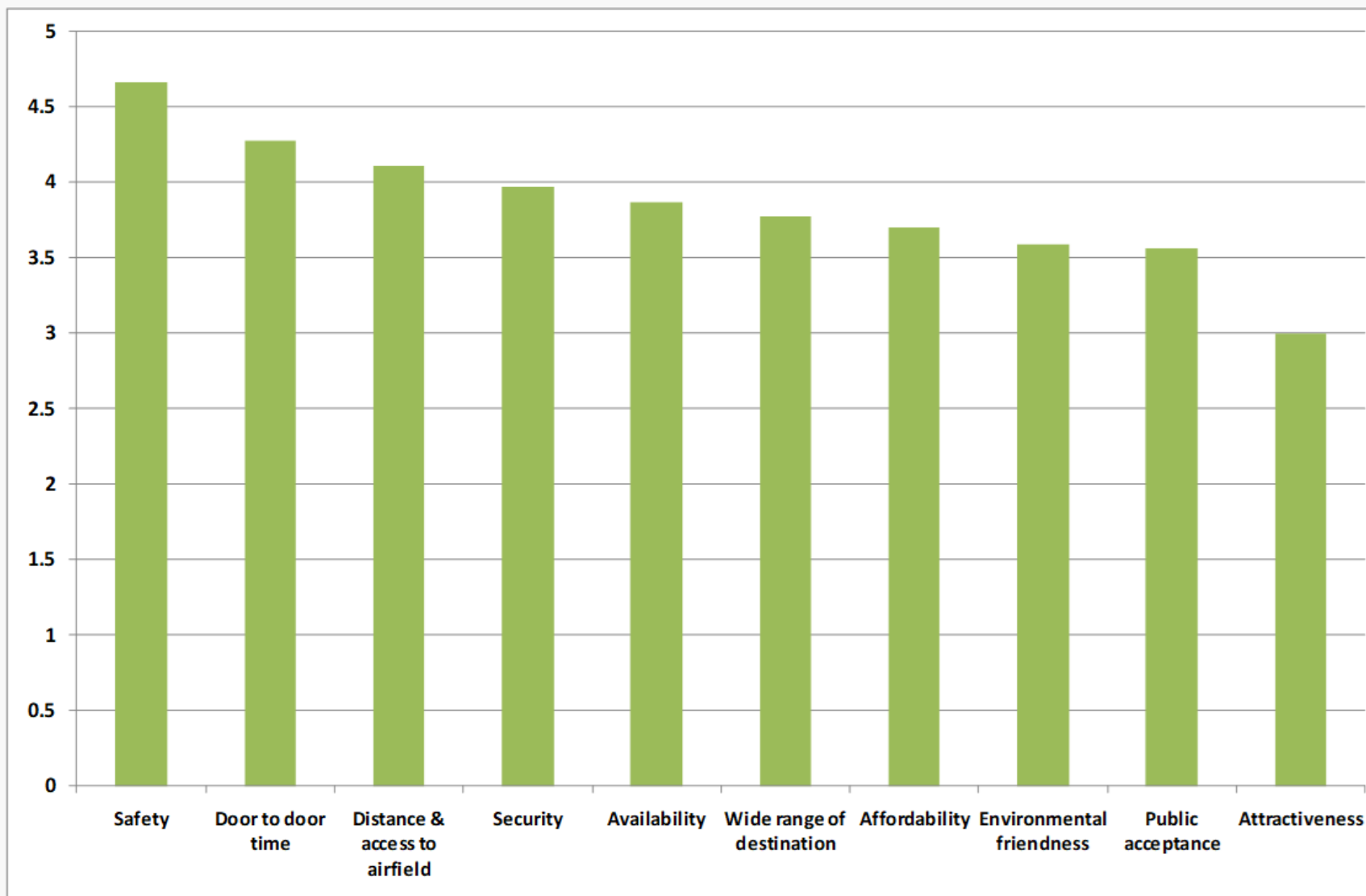




OMNIS

PPLANE – przykład potrzeb klienta i priorytetów

Otwartość. Modernizacja. Nowoczesność. Integracja. Społeczność.



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



Politechnika Warszawska



OMNIS

PPLANE – przykład macierzy relacji

Otwartość. Modernizacja. Nowoczesność. Integracja. Społeczność.

			Society (or general) acceptance			Aviation authority requirements				
			1	2	3	4	5	6		
No.		Customer requirements	Reduction of road congestion	Air traffic congestion	Community noise (noise footprint)	CO2 production	NOx production	Combined chemical-acoustic metric	priority weight (0; 0.05; 0.10; 0.15; ... 1.	
Aircraft characteristics (1)	1	Propulsion System type piston=1, Diesel=2, turboshaft=3, turboprop=4, turbofan=5, Hybrid=6, Electric engine=7, other=8	0	0	6	8	8	8	0.1	
	2	Number of engines 1, 2, 3	0	0	4	6	6	6	0.2	
	3	SFC high=1, medium=2, low=3, extra low=4, Comments: BSFC (Piston -AVGAS engines @ static sea level, low < 0.45 lb/hr/hp = 1, medium 0.45-BSFC < 0.5 lb/hr/hp = 2, high > 0.5 lb/hr/hp = 3, BSFC (Diesel - engines @ static sea level, low < 0.32 lb/hr/hp = 1, medium 0.32-BSFC < 0.36 lb/hr/hp = 2, high > 0.36 lb/hr/hp = 3, BSFC (Turboprop - engines @ static sea level, low < 0.55 lb/hr/hp = 1, medium 0.55-BSFC < 0.60 lb/hr/hp = 2, high > 0.6 lb/hr/hp = 3, TSFC (Small Turbofan engines @ static sea level, low < 0.5 lb/hr/b at = 1, medium 0.5-TSFC < 0.6 lb/hr/b at = 2, high > 0.6 lb/hr/b at = 3, for electric engines	0	0	0	10	10	7	0.3	
Mission (2)	4	Type of mission taxi=1, recreation=2, social services=3, business=4, executive=5, family=6	5	6	5	2	2	2	0.05	
	5	Type of airfield: small=1, small to medium=2, large=3	6	6	4	2	2	2	0.1	
	6	Type of runway Fully-paved (Asphalt, concrete etc. ...) =1, Prepared/ Semi-paved (Compact land, Gravel, dirt, etc. ...) =2, Unprepared/ Unpaved (natural lake, open field, iceberg, etc. ...) =3	6	6	4	2	2	2	0.15	
	7	Surrounding of the airfield easy access/low climb gradient=0, medium obstacles in the closed neighbourhood/medium climb gradient=1, high obstacles in the closed neighbourhood/high climb gradient=2	5	5	5	4	4	4	0.5	
	8	Speed of Take-Off and Landing very low(<30 knots)=4, low(30-40 knots)=3, medium(40-60 knots)=2, high(>61 knots)=1	0	0	5	5	5	5	0.3	
	9	Range close=1 (<100km), medium=2(100-500), long=3(>500 km)	5	5	0	2	2	2	0.2	
	10	Distance from home to the airfield of beginning plus from the airfield of destination to home	5	5	7	2	2	2	0.4	
	11	Flight altitude low=1(<1000 m), medium=2 (1000-3000 m), high=3 (>3000 m)	0	4	3	2	2	2	0.2	
	12	Urban Operation outside big metropolis=0, inside big metropolis and mountain area=1	7	3	7	3	3	3	0.4	
Guidance (4)	13	Density of aircraft in the airspace low(1 A/C per 1 cubic km)=3, medium(2-3 A/C per 1 cubic km)=2, high(4 or more A/C per 1 cubic km)=1	0	10	6	7	7	7	0.3	
	14	Failure of a subsystem and its effect on airplane no effect on operational capabilities=5, minor effect (slight reduction in operation)=4, major effect (significant reduction in operation)=3, hazardous (large reduction in operation)=2, catastrophic=1	0	0	0	3	3	3	0.6	
Requirement priorities			10.05	12.3	14.65	15.8	15.8	14.9		
Target values										
In 2050			50%	80%	20 dB	<100	20%	20%		
				level of tolerance	decrease	gCO ₂ /PKT	reduction	reduction		





OMNIS

PPLANE – przykład dachu korelacji

Otwartość. Modernizacja. Nowoczesność. Integracja. Społeczność.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10										
1	0	10	0	11	14	10	5	8	9	11	1	16	High L/D							
2		0	10	6	6	7	12	8	8	10	2	22	High CLmax							
3			0	11	14	10	5	8	9	11	3	16	Low minimum drag							
4				0	4	4	12	8	10	10	4	16	Low turn radius							
5					0	7	15	11	12	12	5	21	Small control overshooting							
6						0	11	7	9	9	6	15	High excess of power							
7							0	10	11	11	7	13	Low W_structure/W_TO							
8								0	4	8	8	6	Highly reliable materials							
9									0	9	9	12	Low part count							
10										0	10	15	High MTBCF both of plane & GCS							





OMNIS

Dom jakości – zalety metody

- **Orientacja na klienta:** Skupia się na tym, czego faktycznie oczekuje użytkownik, tłumacząc to na język techniczny.
- **Wizualizacja zależności:** Umożliwia przedstawienie relacji między wymaganiami klientów a technicznymi cechami produktu w formie graficznej.
- **Ustalanie priorytetów:** Pozwala zważyć ważność wymagań, co pomaga zespołowi skupić się na najistotniejszych funkcjach.
- **Poprawa komunikacji:** Wspomaga współpracę między działami (np. marketing, inżynieria, produkcja).
- **Analiza konkurencji:** Pozwala porównać własny produkt z produktami konkurencji z perspektywy klienta.
- **Wczesna identyfikacja problemów:** Ułatwia wykrywanie słabych punktów produktu na etapie koncepcji.





OMNIS

Dom jakości – wady metody

- **Złożoność i pracochłonność:** Tworzenie macierzy HOQ jest procesem czasochłonnym i wymaga dużego zaangażowania zespołu.
- **Subiektywizm danych:** Wymagały klientów często opierają się na subiektywnych ankietach, co może prowadzić do nieprecyzyjnych wyników.
- **Trudność w interpretacji:** Skomplikowana struktura "domu" może być trudna dla nowych użytkowników.
- **Konieczność aktualizacji:** Wymaga regularnej aktualizacji wraz ze zmianami na rynku, co zwiększa koszty





OMNIS Optymalizacja w inżynierii lotniczej i kosmicznej

Otwartość. Modernizacja. Nowoczesność. Integracja. Społeczność.

Dziękuję za uwagę



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



Politechnika Warszawska