

# **Optymalizacja i Badania Operacyjne z użyciem modułu SAS/OR**

**Paweł Plewka  
Centrum Technologii, SAS**

# Optymalizacja

- Wyznaczenie spośród dopuszczalnych rozwiązań danego problemu rozwiązania najlepszego za względu na przyjęte kryterium

## Badania Operacyjne

- Dyscyplina naukowa pozwalająca wyznaczyć metodę i rozwiązanie określonego problemu w celu podjęcia optymalnej decyzji.

Obejmuje: symulacje, szeregowanie, optymalizację

# Dla kogo jest przeznaczony OR?

- OR przeznaczony jest dla pracowników wszystkich sektorów związanych z **zarządzaniem** i pokrewnymi im dziedzinami, którzy chcą budować **modele podejmowania decyzji** wykorzystując **techniki badań operacyjnych**.

# Pytania na które pomaga odpowiedzieć OR

- Czy to co próbujemy osiągnąć jest możliwe?
- Czy możliwe jest poprawienie efektywności?  
W jaki sposób?
- Jaka jest najlepsza wydajność jaką możemy osiągnąć?
- Jak zmieniające się warunki wpływają na nasze decyzje i naszą wydajność?
- Jakie są najbardziej/najmniej restryktywne ograniczenia z jakimi się stykamy?

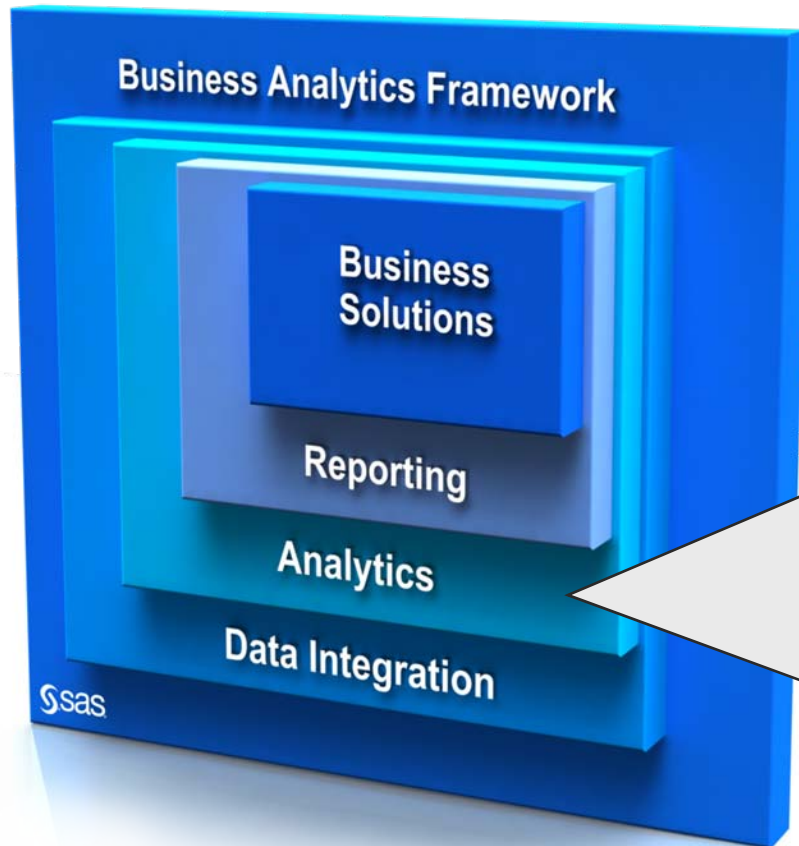
# Dlaczego OR jest ważny?

- OR umożliwia:
  - spełnienie bardziej skomplikowanych wymogów
  - ustalenie najlepszej alokacji zasobów
  - uwzględnienie bardziej restrykcyjnych ograniczeń w ramach dostępnych działań
  - rozważanie alternatywnych scenariuszy
  - wybranie najlepszej strategii dla ustalonych celów
- Dodatkowe korzyści:
  - przejrzystość procesu decyzyjnego
  - ustrukturyzowanie i dokumentacja procesu
  - możliwość identyfikacji podstaw decyzji

# Analitka biznesowa - zakres moŹliwości



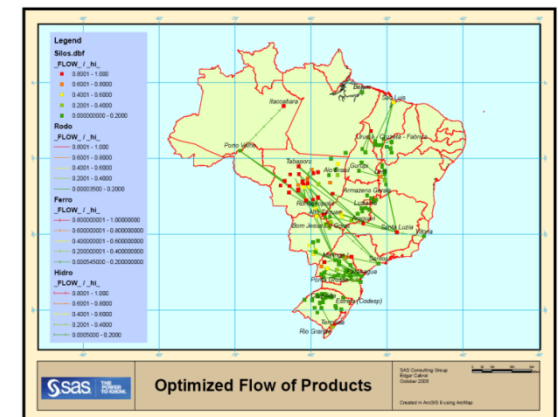
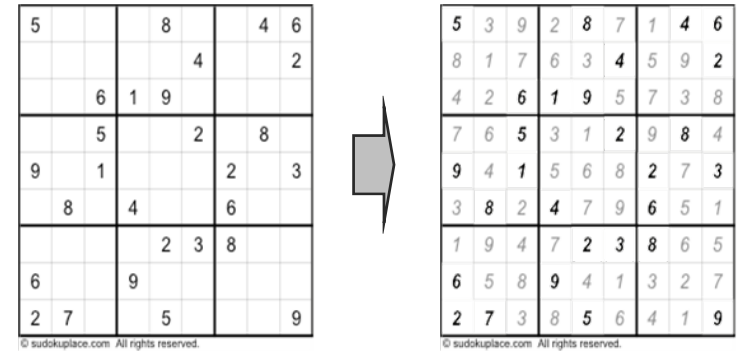
# Rozwiązania analityczne SAS



- **Analizy Statystyczne**  
SAS/STAT, SAS/IML
- **Data Mining, Text Mining**  
SAS Enterprise Miner
- **Analiza szeregów czasowych, Ekonometria**  
SAS/ETS
- **Prognozowanie szeregów czasowych**  
SAS/HPF, Forecast Server
- **Statystyczna poprawa jakości**  
SAS/QC
- **Badania operacyjne**  
**SAS/OR**

# Przegląd modułu SAS/OR

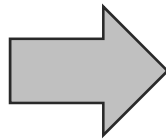
- Optymalizacja matematyczna
- Planowanie zadań i zasobów
- Programowanie z ograniczeniami
- Przetwarzanie rachunków materiałowych
- Algorytmy genetyczne
- Symulacja zdarzeń dyskretnych



# Optymalizacja matematyczna

## ■ Model koncepcyjny problemu decyzyjnego

- identyfikacja istotnych czynników
- ustalenie interakcji między czynnikami
- ustalenie celu problemu decyzyjnego



## ■ Model matematyczny

- **zmienne decyzyjne**  
(poziom produkcji, ceny, dostępne zasoby, etc.)
- **funkcja celu**  
(np. minimalizacja kosztów, minimalizacja strat, minimalizacja dystansu, maksymalizacja zysku)
- **warunki ograniczające**  
(dozwolone wartości zmiennych, wydajność urządzeń, zapotrzebowanie, ograniczenia budżetowe, etc.)

# Optymalizacja matematyczna

- Programowanie liniowe
  - **LP** ograniczenia oraz funkcja celu są liniowe
  - **IP** (całkowitoliczbowe) – wszystkie zmienne decyzyjne przyjmują wartości całkowite
  - **MILP** (mieszane) – część zmiennych decyzyjnych przyjmuje wartości całkowite
- Programowanie nieliniowe
  - **NLP** ograniczenia i/lub funkcja celu zawierają wyrażenia nieliniowe np.  $x^2$ ,  $\cos(x)$ ,  $1/x$  etc.
  - **QP** specyficzny NLP – funkcja celu i/lub co najmniej jedno z ograniczeń jest funkcja kwadratową

# Optymalizacja matematyczna

- Klasyczne procedury:
  - LP, INTPOINT, NLP, QP, NETFLOW
- Nowa rodzina bardziej ergonomicznych i bardziej wydajnych procedur:
  - **OPTMODEL**: modelowanie optymalizacyjne, optymalizacja LP, NLP, QP, MILP
  - specjalizowane - **OPTLP**, **OPTQP**, **OPTMILP**
- Nowy zestaw *solwerów* optymalizacyjnych
  - liniowy, mieszany-całkowitoliczbowy, kwadratowy
  - ogólny nieliniowy: bez ograniczeń, z ograniczeniami liniowymi, z ograniczeniami nieliniowymi

# OPTMODEL: główne cechy

- Algebraiczny język modelowania o składni zorientowanej na optymalizację
  - Zmienne, ograniczenia, funkcja celu
  - Algebraiczny zapis funkcji
  - Parametry, zmienne, macierze, indeksy
- Ścisła integracja ze środowiskiem programowania SAS
- Elastyczność zbiorów wejściowych/wyjściowych bez ograniczeń na liczbę zbiorów
- Interaktywność
- Bezpośredni dostęp do wszystkich nowych *solwerów*

# OPTMODEL : Przykład

- Różne rodzaje tkanin, dostępny zestaw maszyn (m)
- Klienci (c) zamawiają określoną ilość każdej tkaniny (g)
- Decyzja: Jak wiele metrów każdej tkaniny wyprodukować dla każdego klienta, na każdej maszynie?
- Cel: Maksymalizacja łącznego przychodu
- Ograniczenia: realizacja zamówień, wydajność maszyn

$$\begin{array}{ll} \max & \sum_{c,g,m} P_{cgm} y_{cgm} \quad (\textit{profit}) \\ \textit{subject to} & \sum_m y_{cgm} = d_{cg} \quad \textit{for all } c, g \quad (\textit{demand}) \\ & \sum_{c,g} t_{gm} y_{cgm} \leq a_m \quad \textit{for all } m \quad (\textit{availability}) \\ & y_{cgm} \geq 0 \end{array}$$

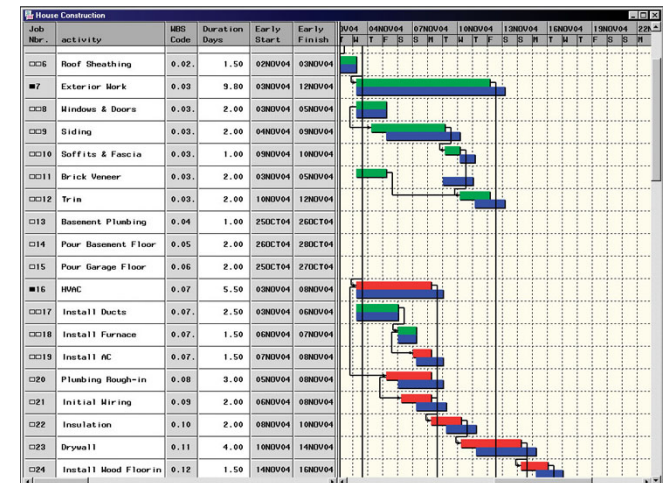
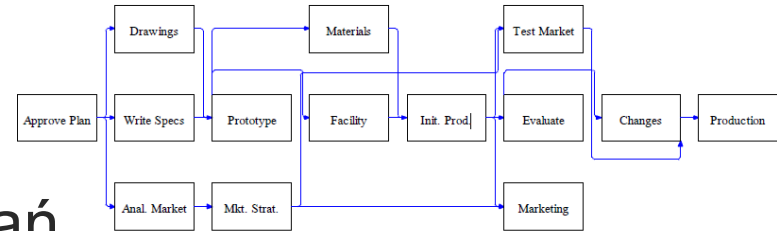
# PROC OPTMODEL Code

```
/* the model */  
var y{CUSTOMERS, GRADES, MACHINES} >= 0;  
max obj = sum{c in CUSTOMERS, g in GRADES, m in MACHINES}  
        profit[c,g,m]*y[c,g,m];  
con req_demand{c in CUSTOMERS, g in GRADES}:  
    sum{m in MACHINES} y[c,g,m] = demand[c,g];  
con req_avail{m in MACHINES}:  
    sum{c in CUSTOMERS, g in GRADES}  
        time[g,m]*y[c,g,m] <= avail[m];
```

$$\begin{array}{lll} \max & \sum_{c,g,m} P_{cgm} y_{cgm} & (\textit{profit}) \\ \textit{subject to} & \sum_m y_{cgm} = d_{cg} & \textit{for all } c, g \textit{ (demand)} \\ & \sum_{c,g} t_{gm} y_{cgm} \leq a_m & \textit{for all } m \textit{ (availability)} \\ & y_{cgm} \geq 0 & \end{array}$$

# Planowanie zadań i zasobów

- Powiązanie zadań wg kolejności, hierarchii i zasobów
- Szeregowanie i przydzielanie zadań, śledzenie zużycia zasobów
- Wskaźniki postępu
- SAS/OR:
  - Procedury szeregujące: CPM, PM
  - Prezentacja : GANTT, NETDRAW
  - Makra: Earned Value Management, MS Project conversion



# Programowanie logiczne z ograniczeniami

## ■ PROC CLP (Experimental)

- Rozwiązywanie problemów spełniania ograniczeń (Constraint Satisfaction Problems - CSPs)

- propagacja ograniczeń, przypisywanie wartości, sprawdzanie spójności, redukcja dziedziny, *backtracking*

przykład, dziedzina:  $x=\{1,2,3,4\}$   $y=\{1,2,3,4\}$      warunek:  $x>y$

→  $x=\{2,3,4\}$   $y=\{1,2,3\}$

- Czytelna składnia procedury
- Wydajne techniki przeszukiwania
- Skuteczność w przypadku gdy konwencjonalne modelowanie optymalizacyjne się nie sprawdza
  - Bardziej zwarte modele dla problemów z dużą liczbą ograniczeń logicznych i wynikających z harmonogramu

# Przetwarzanie rachunków materiałowych

- **Bill of Material (BOM)**
  - Lista wszystkich części, materiałów, podzespołów i innych składników wykorzystywanych w produkcji
- **PROC BOM**
  - Wczytuje strukturę produktu z pliku danych oraz informacje o poszczególnych częściach
  - Komponuje połączone informacje w wielopoziomowy, hierarchiczny rachunek materiałowy
  - Tworzy spójną listę części zawierającą wszystkie jednostki i ich całkowite wymagane wielkości (do wyprodukowania lub zamówienia)

# Algorytmy genetyczne – PROC GA

- Algorytmy naśladujące biologiczne procesy naturalnej selekcji i adaptacji w tworzeniu i ewolucji rozwiązań
- Komponenty: kodowanie, inicjalizacja, selekcja, krzyżowanie, mutacja
- Alternatywa dla przypadków, gdy klasyczna optymalizacja jest nieskuteczna
  - Np. nieciągła funkcja celu, wiele lokalnych optimów, etc.
- Szybkie znajdowanie rozwiązań sub-optimalnych
- Przykłady zastosowań: problem komiwojażera, sekwencjonowanie produkcji, zarządzanie zabezpieczeniami

# Symulacja zdarzeń dyskretnych

- Analiza wydajności systemów zawierających istotne ‘losowe’ elementy, takie jak:
  - Kolejki: ludzie, produkty, etc.
  - Czasy trwania: obsługi klienta, naprawy, produkcji, etc.
- Czas jako kluczowy element systemu
- Mechanizmy „mikro” → obserwacje „makro”
- Tworzenie i analiza danych dla alternatywnych scenariuszy
- SAS/OR: Klasyczne podejście: **QSIM**

Nowa aplikacja: **SAS® Simulation Studio**



# SAS® Simulation Studio

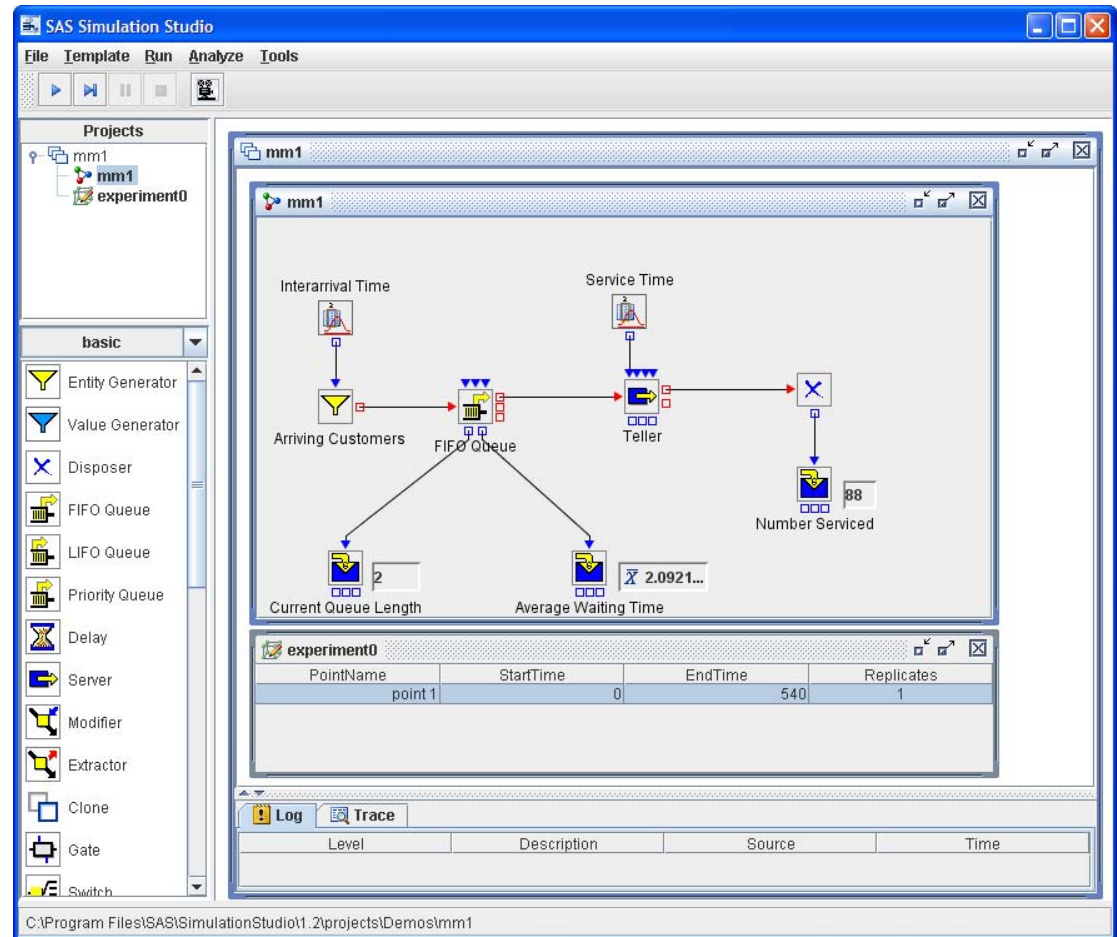
## ■ Projekt

- modele
- eksperymenty

## ■ Węzły blokowe

- generatory
- kolejki
- punkty obsługi
- mierniki statystyk

## ■ Diagramy





# SAS® Simulation Studio

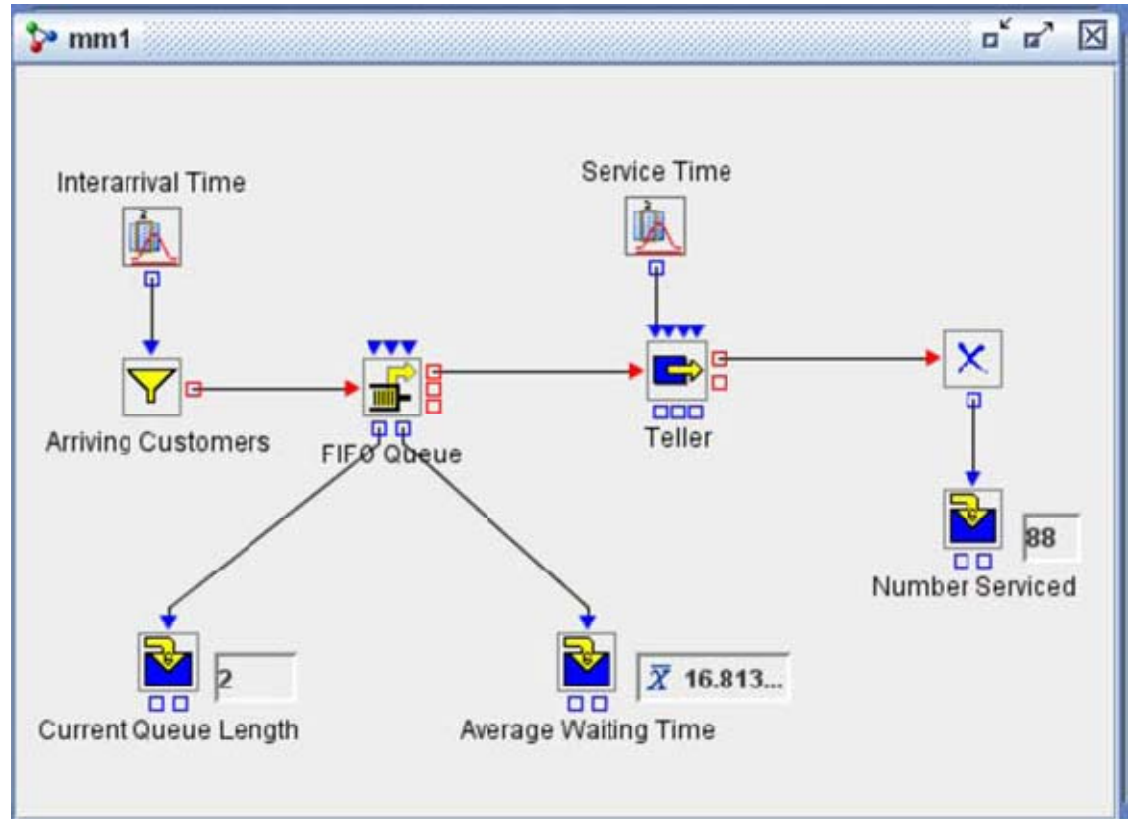
## ■ Przykładowy proces - M/M/1

Generatory czasu o rozkładzie eksponencjalnym

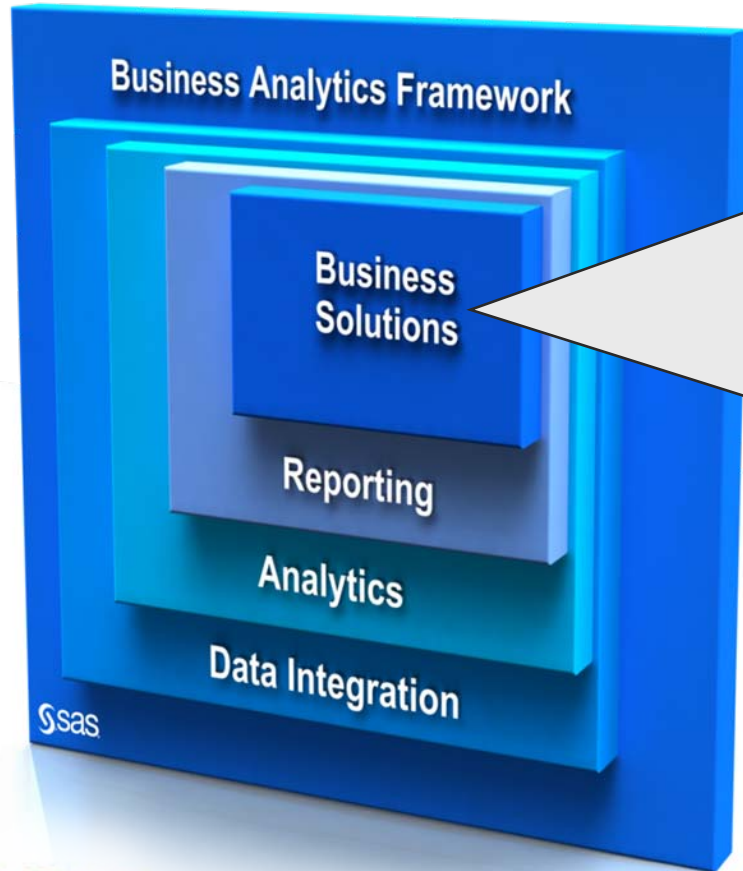
- przybywanie klientów
- obsługa klientów

Kolejka FIFO, jeden serwer

Miary: długość kolejki, średni czas oczekiwania na obsługę, liczba obsłużonych klientów



# Rozwiązania biznesowe SAS



- SAS Marketing Optimization
- SAS Revenue Optimization
  - SAS Markdown Optimization
  - SAS Promotion Optimization
  - SAS Regular Pricing Optimization
- SAS Inventory Optimization
- SAS Service Parts Optimization
- SAS Credit Risk Management

# Informacje w sieci o SAS/OR

- Dokumentacja SAS/OR

<http://support.sas.com/documentation/onlinedoc/or/index.html>

- Dokumentacja SAS® Simulation Studio

<http://support.sas.com/documentation/onlinedoc/simstudio/index.html>

- Success Stories

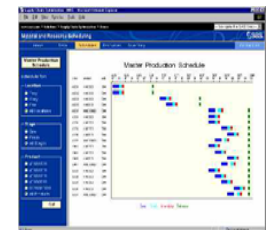
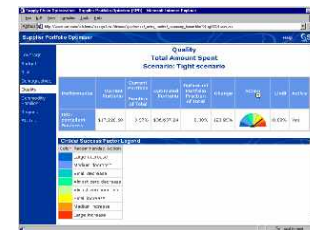
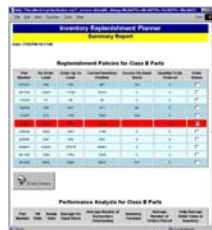
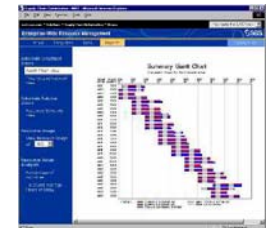
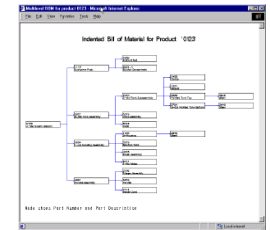
<http://www.sas.com/success/indexByTechnology.html#1000.1003.0000>

- **Web demos**

<http://support.sas.com/sassamples/demos/supplychain/demos/>

# Web demos

- Supply Chain Optimization Demo (SCNO)
- Bills of Material Demo (BOM)
- Enterprise-Wide Resource Management (EWRM)
- Inventory Replenishment Planner (IRP)
- Material and Resource Scheduling (MRS)
- Production, Distribution, and Inventory Planning (PDI)
- Supplier Portfolio Optimizer (SPO)



# Posumowanie

- SAS/OR to najbardziej kompletny spośród dostępnych na rynku zbiorów narzędzi do badań operacyjnych.
- SAS/OR jest w pełni zintegrowany z SAS Business Analytics Framework

**DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ**

**SAS® forum**  
POLSKA 2009 **warszawa**