

dr inż. Dariusz Plinta
Katedra Inżynierii Produkcji
Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej

OPTYMALIZACJA I SYMULACJA KOMPUTEROWA W DOSKONALENIU PROCESÓW PRODUKCYJNYCH

W artykule przedstawiono zastosowanie pakietu symulacyjnego Arena oraz wchodzącego w jego skład narzędzia do optymalizacji symulowanych procesów OptQuest w usprawnianiu systemów produkcyjnych. W opisanym przykładzie wyróżniono dwa etapy projektowania: budowa modelu symulacyjnego oraz budowa modelu optymalizacyjnego. Symulacja komputerowa połączona z optymalizacją umożliwia stosunkowo szybkie sprawdzenie wariantów proponowanych usprawnień i znalezienie najlepszego rozwiązania.

OPTIMIZATION AND COMPUTER SIMULATION IN IMPROVEMENT OF PRODUCTION PROCESSES

The use of the simulation packet ARENA with the OptQuest tool for optimizing simulated processes in improving production systems is presented in the paper. In the described example, two stages were distinguished: creation of the simulation model and creating of the optimizing model. Simulation connected with optimization makes it possible to check all admissible variants of the proposed improvements and to choose the best solution.

1. WPROWADZENIE

Warunki w jakich funkcjonują przedsiębiorstwa wymuszają konieczność nieustannego doskonalenia procesów produkcyjnych. W tym celu konieczne jest zastosowanie różnych nowoczesnych metod [4] i narzędzi informatycznych wspomagających wytwarzanie [1, 3].

Metoda modelowania i symulacji umożliwia sprawdzenie efektów różnych proponowanych zmian. Pakiety symulacyjne, takie jak na przykład Arena, są coraz częściej uzupełniane o moduły optymalizacyjne, które umożliwiają automatyczne generowanie i sprawdzenie dopuszczalnych wariantów oraz znalezienie najlepszego rozwiązania (rys.1).



Rys. 1. Wybór optymalnego wariantu procesu produkcyjnego

Aby w pełni wykorzystać możliwości tego typu narzędzi informatycznych konieczne jest właściwe określenie parametrów wejściowych i wyjściowych analizowanego systemu produkcyjnego, czyli wielkości opisujących ten system dla których będziemy zmieniali wartości oraz celu do którego będziemy dążyli.

Różnica pomiędzy pojęciami modelowaniem, symulacją i optymalizacją wynika z tkwi w zadaniach, które mają one do spełnienia. Zadaniem tymi są [2]:

- dla modelowania – zbudowanie modelu analizowanego systemu,
- dla symulacji – określenie rezultatów, czyli wyników jego funkcjonowania,
- dla optymalizacji – ustalenie optymalnych parametrów przebiegu procesu realizowanego w zamodelowanym systemie.

Dzięki komputerowej symulacji jesteśmy w stanie sprawdzić, czy zamodelowane przyszłe rozwiązanie (usprawnienie obecnego systemu produkcyjnego) spełni założone wymagania. Natomiast dzięki metodom optymalizacji szybciej znajdziemy najlepszy wariant usprawnienia analizowanego systemu.

2. OPTIMALIZACJA PROCESÓW PRODUKCYJNYCH

Przez optymalizację systemu produkcyjnego rozumiemy takie zaprojektowanie systemu produkcyjnego, czyli wszystkich jego składników, które zapewnią najlepsze wyniki jego funkcjonowania [6].

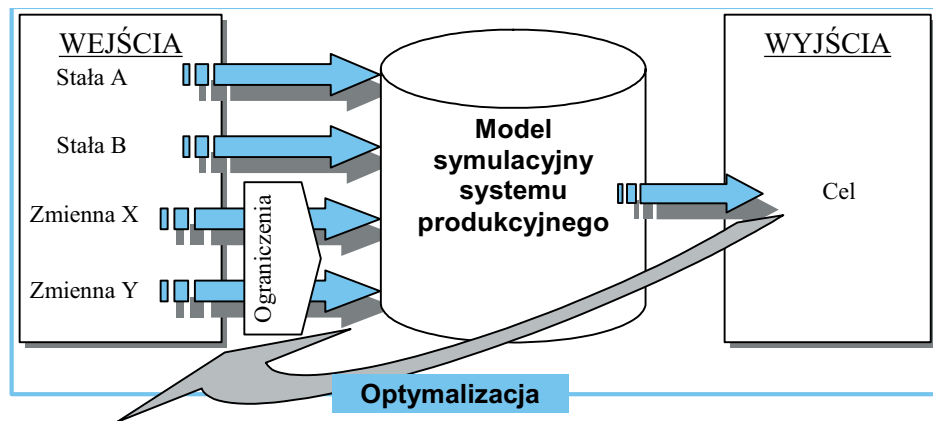
Optymalizacja systemu produkcyjnego może na przykład dotyczyć [5]:

- doboru pracowników,
- doboru maszyn,
- ustawienia stanowisk pracy,
- doboru środka transportu,
- umiejscowienia i wielkości buforów.

Wybór wariantu procesu wytwarzania może wydawać się postępowaniem łatwym, szczególnie w oparciu o jedno kryterium, na przykład koszt własny wyrobu. W rzeczywistości nie jest to tak proste. Na etapie projektowania nowego wyrobu określenie takiego kosztu jest bowiem bardzo złożone, ze względu na brak danych. Dlatego zamiast jednego kryterium niejednokrotnie przyjmuje się wiele kryteriów. W takich sytuacjach stosuje się optymalizację wielokryterialną. Jest ona jednak znacznie bardziej skomplikowana od optymalizacji jednokryterialnej [6]. Często, aby ułatwić analizę w optymalizacji wielokryterialnej, tworzone jest kryterium zastępcze i dla niego rozwiązuje się problem jak dla optymalizacji jednokryterialnej.

Przedstawiony w dalszej części przykład dotyczy optymalizacji jednokryterialnej. Opracowany w pakiecie ARENA model symulacyjny sprawdzono za pomocą narzędzia OptQuest, który jest dodatkowym modułem zawartym w pakiecie symulacyjnym Arena [7]. Zwiększa on możliwości analizy systemów produkcyjnych zamodelowanych w Arenie. Pozwala na znalezienie optymalnych rozwiązań w opracowanych modelach symulacyjnych.

Bez tego typu narzędzi, znalezienie optymalnych rozwiązań dla modelu symulacyjnego, wymaga sprawdzania ich w sposób heurystyczny lub losowy. To zazwyczaj pociąga za sobą przeprowadzenie symulacji dla wstępnie przyjętych wartości zmiennych wejściowych. Zmiana jednego lub więcej parametrów wiąże się z koniecznością przebudowy modelu oraz przeprowadzenia kolejnej symulacji. Ten proces jest powtarzany dopóki nie uzyska się zadowalającego rozwiązania. OptQuest automatycznie zmienia te wartości, steruje symulacją i wskazuje optymalne rozwiązanie bazując na jednym modelu opracowanym w Arenie (rys. 2).



Rys. 2. Optymalizacja zamodelowanego systemu produkcyjnego

3. PRZYKŁAD OPTYMALIZACJI PRACY GNIAZDA WYTWÓRCZEGO

Projekt usprawnienia gniazda obróbczego opracowano w dwóch etapach:

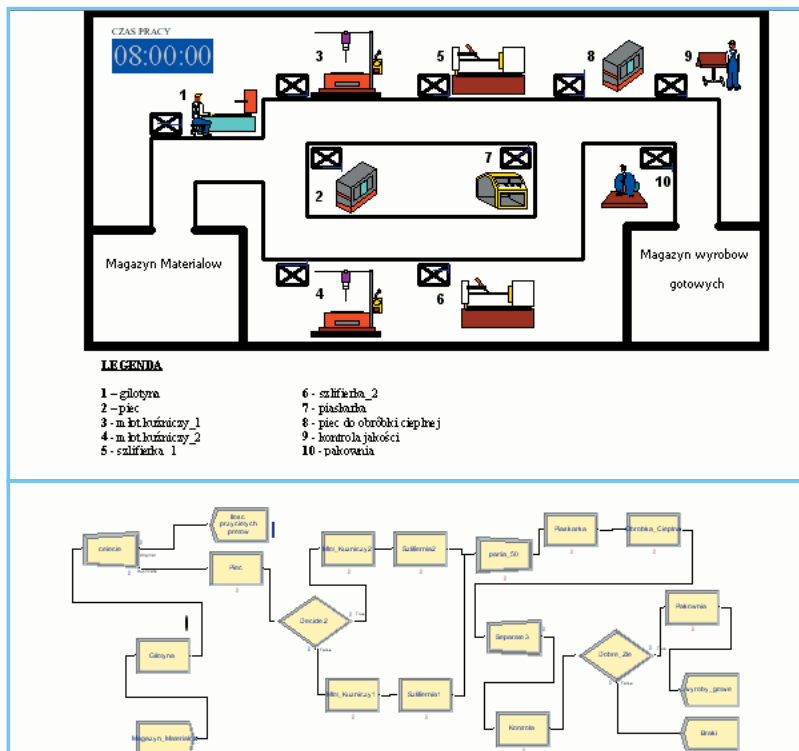
- opracowanie modelu symulacyjnego w Arenie;
- przeprowadzenie optymalizacji z wykorzystaniem narzędzia OptQuest.

Pierwszy etap to projektowanie modelu symulacyjnego, czyli określenie wszystkich niezbędnych stanowisk, procesów, czasów ich realizacji oraz czasów przejść materiału między stanowiskami. Co sprowadza się do umieszczania właściwych obiektów przedstawiających stanowiska w przestrzeni modelu symulacyjnego oraz zdefiniowanie ich parametrów opisujących ich funkcjonowanie. Informacje te można uzyskać z dokumentacji technologicznej oraz poprzez obserwację funkcjonowania rzeczywistego systemu. Przykładową kartę technologiczną zawierającą dane wejściowe do symulacji przedstawia tab. 1.

Tab. 1. Proces wytwarzania sworzni

| Nr operacji | Nazwa operacji | Stanowisko | Czas wykonania | |
|-------------|-----------------|----------------------|----------------|----------|
| | | | Tpz[godz] | Tj [min] |
| 10 | Cięcie | Gilotyna | 1,50 | 3,00 |
| 20 | Rozgrzewanie | Piec | 0,25 | 0,25 |
| 30 | Kucie | Młot kuźniczy | 2,00 | 2,00 |
| 40 | Szlifowanie | Szlifierka | 0,50 | 0,50 |
| 50 | Piaskowanie | Piaskarka | 1,00 | 40,00 |
| 60 | Obróbka cieplna | Piec | 1,00 | 25,00 |
| 70 | Kontrola | Stanowisko kontroli | 0,50 | 0,50 |
| 80 | Pakowanie | Stanowisko pakowania | 0,50 | 1,00 |

Po zbudowaniu modelu (rys. 3) przeprowadzono pierwszą symulację w celu sprawdzenia poprawności modelu, określenia obecnych zdolności produkcyjnych, wyznaczenia wąskich gardeł oraz obciążenia stanowisk.



Rys. 3. Model symulacyjny gniazda obróbki sworzni

Na podstawie przeprowadzonej analizy raportów z pierwszej symulacji wskazano zasoby, które są zasobami krytycznymi czyli decydująco wpływają na działanie całego systemu. Parametry opisujące te zasoby powinny być zmiennymi sterującymi w modelu optymalizacyjnym. Są to zmienne wejściowe w modelu symulacyjnym, które program będzie zmieniał w ustalonym zakresie wartości. W analizowanym przykładzie wybrano następujące wielkości:

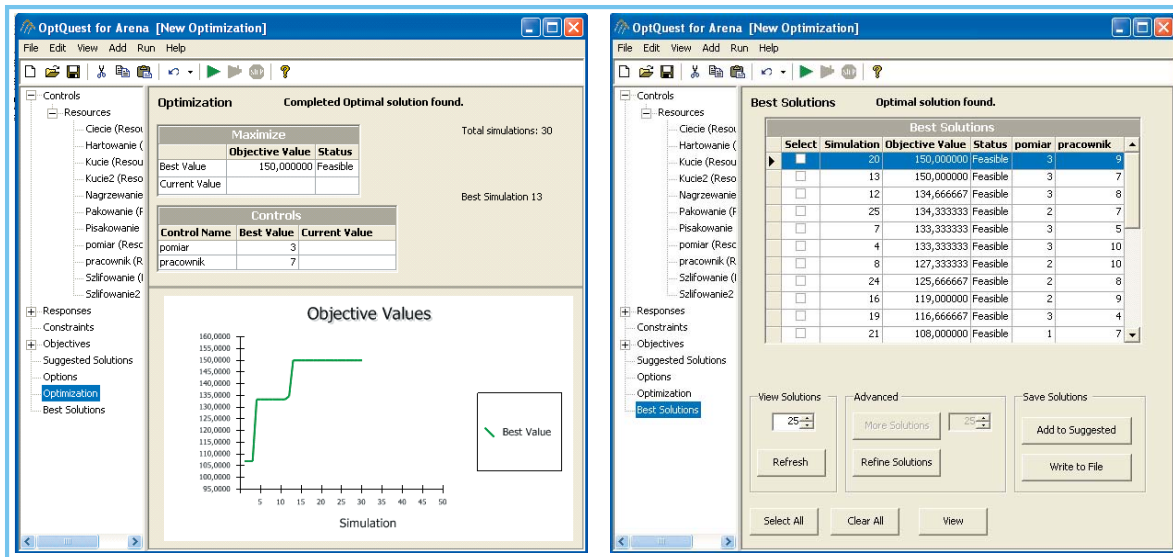
- wielkość partii,
- ilość pracowników zatrudnionych w gnieździe,
- ilość stanowisk kontroli jakości.

Dla wyżej wymienionych zmiennych określono następnie wartości graniczne, które wynikają z rzeczywistych uwarunkowań produkcyjnych, na przykład ze sposobu transportu partii elementów, maksymalnego poziomu zatrudnienia, dostępnej powierzchni produkcyjnej itp.. W analizowanym przykładzie przyjęto następujące ograniczenia:

- możliwe wielkości serii z przedziału od 10 do 80 co 5 sztuk,
- ilość pracowników nie większa niż 14 osób,
- kontrola jakości na maksymalnie 3 stanowiskach (stanowisko kontrolne jest obecnie wąskim gardłem).

Przeprowadzono kilka symulacji przebiegów procesu dla różnych funkcji celu. Na początku celem było znalezienie rozwiązania, w którym osiągnięta zostanie maksymalna wielkość produkcji wyrobów gotowych (150 sztuk) – rys. 4.

Okazało się że wiele wariantów spełnia ten warunek. Warianty te posortowano według ilości zatrudnionych pracowników co przedstawiono w tabeli 2.



Rys. 4. Optymalizacja gniazda wytwórczego

Tab. 2. Zestawienie dziesięciu najlepszych wyników

| L.p. | Czynniki sterujące | | | Wyniki z symulacji | |
|------|-----------------------|-------------------|--------------------------|------------------------|-------------------|
| | Wielkość partii [szt] | Ilość pracowników | Ilość stanowisk Kontroli | Ilość wyrobów gotowych | Wielkość kolejki* |
| 1 | 30 | 6 | 2 | 150 | 2,201 |
| 2 | 25 | 7 | 2 | 150 | 1,836 |
| 3 | 30 | 7 | 1 | 150 | 4,488 |
| 4 | 30 | 7 | 2 | 150 | 2,128 |
| 5 | 25 | 8 | 2 | 150 | 1,859 |
| 6 | 30 | 8 | 2 | 150 | 2,116 |
| 7 | 30 | 9 | 2 | 150 | 2,097 |
| 8 | 30 | 10 | 2 | 150 | 2,109 |
| 9 | 30 | 11 | 2 | 150 | 2,109 |
| 10 | 30 | 12 | 2 | 150 | 2,109 |

* średnia ilość części w kolejce przed stanowiskiem kontroli, które decydująco wpływają na cykl produkcyjny

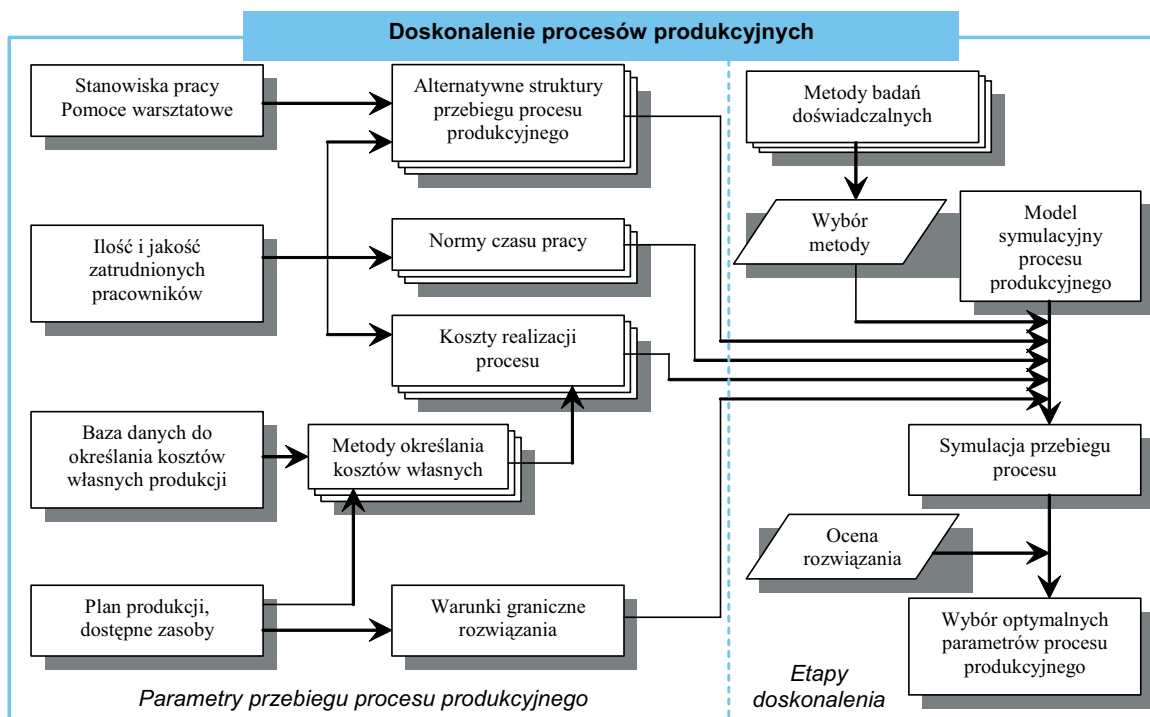
Wyniki symulacji przedstawione powyżej wykazały, że przy sześciu pracownikach produkcyjnych i dwóch stanowiskach kontroli jakości, ilość wyprodukowanych elementów wynosi 150 sztuk, a w kolejce przeważnie czekają dwa elementy (średnio 2,2 sztuki). Bardzo podobny wynik uzyskano przy serii 25 sztuk, zatrudniając siedmiu pracowników i wykorzystując również dwa stanowiska kontroli. Ilość sztuk pozostanie taka sama, zmniejszy się wielkość średniej kolejki do 1,836 szt.

W kolejnych optymalizacjach zmieniano również ograniczenia. Na przykład przy ograniczeniu wielkości partii tylko do 50 szt. najlepszym wariantem okazał się wariant z 8 pracownikami produkcyjnymi i dwoma stanowiskami kontroli. Można wtedy wyprodukować maksymalnie 106 sztuk wyrobów gotowych.

4. PODSUMOWANIE

Problem określenia optymalnych parametrów przebiegu procesu produkcyjnego sprowadza się do rozwiązania następujących problemów (rys. 5):

- określenia odpowiednich danych wejściowych,
- przyjęcia metody określenia optymalnych parametrów przebiegu procesu.



Rys. 5. Bazy danych wejściowych do obliczeń i określenie optymalnych parametrów przebiegu procesu produkcyjnego

W praktyce produkcyjnej w zależności od warunków prowadzenia działalności gospodarczej często dokonuje się znacznych uproszczeń problemu, na przykład w zamieszczonym przykładzie jako kryterium oceny wariantów przebiegu przyjęto liczbę zatrudnionych pracowników, która niezależnie od innych interpretacji tego kryterium również pośrednio związane jest z kosztami (przez fundusz płac).

Zmieniając wielkość partii, liczbę pracowników czy stanowisk nie korzystając z programu OptQuest można zbadać kilka wariantów systemu produkcyjnego i wybrać wariant spełniający oczekiwane wymagania. Jednak przy takim podejściu do generowania nowych wariantów nie jesteśmy pewni czy nie pominiemy jakiegoś rozwiązania, które dałoby lepszy wynik. Sprawdzenie wszystkich wariantów jest bardzo pracochłonne, a często nawet niemożliwe do zrealizowania. Programy takie jak OptQuest automatyzują proces sprawdzania wariantów usprawnień. Dzięki temu szybciej i łatwiej można znaleźć najlepsze rozwiązanie.

LITERATURA

- [1] BUBENÍK P., BUBENÍKOVÁ E., KORBEL P., NAGY P.: Informačné technológie pre podnikovú prax. EDIS, Žyľina 2004.
- [2] GREGOR M., HALUŠKOVA M., HROMADA J., KOŠTURIK J., MATUSZEK J.: Simulation of Manufacturing System. Politechnika Łódzka, Bielsko-Biała 1998.
- [3] GREGOR M., MEDVECKÝ Š., MIČIETA B., MATUSZEK J., HRČEKOVÁ A.: Digitálny podnik. Uniwersytet Techniczny w Żylinie, Žyľina 2006.
- [4] MATUSZEK J., KOŠTURIK J., GREGOR M., CHAL J., KRIŠŤAK J.: Lean Company. Akademia Techniczno-Humanistyczna, Bielsko-Biała 2003.
- [5] PLINTA D.: Optymalizacja systemów produkcyjnych z wykorzystaniem symulacji komputerowej. W: Produktywność i innowacje – Productivity and Innovation. 1/2007.
- [6] POLAŃSKI Z.: Metody optymalizacji w technologii maszyn. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1977.
- [7] Materiały szkoleniowe pakietu symulacyjnego ARENA.