

AUTOMATYZACJA PROCESÓW LOGISTYCZNYCH

CZYLI KRÓTKIE WPROWADZENIE JAK ZROBIĆ TO SAMODZIELNIE

Pisząc od wielu lat o zagadnieniach automatyzacji procesów logistycznych (zawężając je do procesów zachodzących w magazynach), często zderzam się w reakcji na nie z pytaniami i wątpliwościami dotyczącymi istoty zagadnienia. Dlatego też pozwolę sobie na wstępie na wyjaśnienie podstawowych pojęć z tej dziedziny, która dla wielu jest celem samym w sobie bez refleksji o istocie działania procesów. Najczęściej jednak kojarzymy procesy automatyzacji z konkretnymi urządzeniami lub technologiami, zapominając o towarzyszących każdemu procesowi łańcuchów zdarzeń, które mają wpływ na przebieg tego procesu, który chcemy poddać usprawnieniu.

Nomenklatura i pojęcia

Automatyzacja: w rozumieniu podstawowym to szereg działań polegających na zastąpieniu pracy ludzkiej w całości lub częściowo poprzez działania maszyn i urządzeń. W sensie procesowym mówimy jednak o automatyzacji także wówczas, gdy procesy przebiegające dotychczas przy współudziale człowieka, takie jak planowanie i przewidywanie, zostały zastąpione algorytmem wykonującym szereg działań matematycznych, których wyniki przedstawiono w formie graficznej lub liczbowej. Można zatem uogólnić pojęcie automatyzacji i opisać ją jako szereg działań wspierających człowieka podczas wykonywania składowych procesów w sposób powtarzalny bez jego udziału.

Mechanizacja: w praktyce przemysłowej przejawia się wykorzystaniem mechanizmów i urządzeń do wykonania przez nie określonego przemieszczenia lub zbioru przemieszczeń w celu transportu, obróbki lub montażu. Zakres przemieszczenia nie podlega algorytmom i jest ograniczony jedynie barierami mechanicznymi, takimi jak długość ośrodka transportu, oś obrotu, zakres działania napędu lub wysokość podnoszenia.

Proces: w sensie logistycznym to zespół połączonych ze sobą operacji i działań mających na celu przemieszczenie, składowanie lub wydanie towaru o określonych właściwościach we właściwym czasie i we właściwe miejsce przeznaczenia.

Łańcuch procesowy: to połączone ze sobą procesy częściowe wykonane na określonej grupie towarów. Jeżeli w trakcie wykonywania łańcucha na jego przebieg mają wpływ zmienne parametry i są one sterowane przez algorytmy, to wówczas mówimy o automatyzacji procesów logistycznych.

AUTOR: Robert Lubandy

Absolwent Politechniki Śląskiej i Akademii Leona Koźmińskiego. Od prawie 24 lat związany zawodowo z logistyką. Jako dyrektor logistyki w zakładzie produkcyjnym branży metalowej odpowiadał za logistykę magazynową i nadzór nad produkcją. Potem był dyrektorem ds. sprzedaży rozwiązań automatyzacji magazynowej w Europie Wschodniej. W ciągu prawie sześciu lat zaprojektował ponad 200 magazynów i rozwiązań automatyzacji magazynowej w branżach FMCG, części zamiennych, lekarstw i produkcyjnej. Od 2008 r. działa samodzielnie z własną firmą na rynku usług konsultingowych w krajach Europy Wschodniej. Projektowanie i symulacje wspomagane komputerowo oraz projekty, w których bezpośrednio zarządzał dużymi zespołami pracowników, dają mu obszerną wiedzę praktyczną o logistyce. W 2012 i w 2021 r. laureat nagrody CONSTANTINUS AWARD przyznawanej przez Austriacką Izbę Gospodarczą za zajęcie pierwszego miejsca w kategorii Międzynarodowego Projektu Doradczego.



Przenosząc to do znanego nam świata magazynów, to w przypadku transportu kartonów i pojemników po przenośnikach mówimy o mechanizacji. W tym przypadku proces przemieszczenia wykonał **element mechanizacji magazynu**.

Gdy jednak robot wydaje nam odpowiedni pojemnik z magazynu zawierającego wiele takich pojemników, to mamy do czynienia z automatyzacją. Ponieważ wydanie tego pojemnika nastąpiło zgodnie z jego przeznaczeniem, z właściwą zawartością i we właściwym oknie czasowym, to możemy mówić o **automatyzacji** towarzyszących temu **łańcuchowi procesów**.



Złożony system automatyzacji magazynowej w postaci potężnych układów przechowywania i podawania do stacji kompletacyjnej pojemników (materiały własne LLS)

Planowanie łańcuchów procesowych w logistyce magazynowej

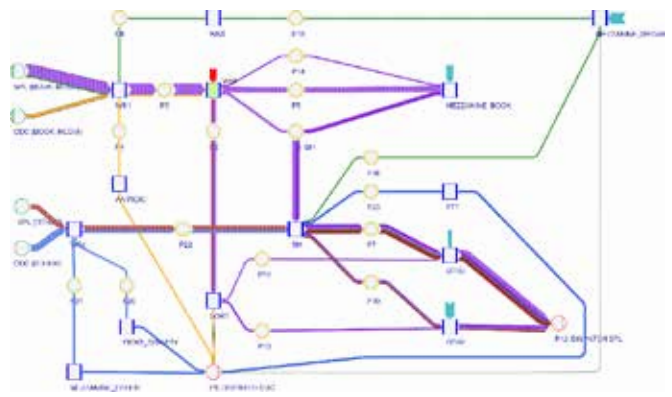
Planując przyszłe działania magazynu w ramach tzw. MASTER PLANU, posługujemy się w opisach tego działania pojęciem procesów. Nawiązując do poprzedniej definicji, traktujemy wszystkie działania przyszłego magazynu zmierzające do wydania właściwego towaru o określonych właściwościach we właściwym czasie do właściwego miejsca jako ciąg (łańcuch) działań. Zasadniczym pytaniem oprócz samego kształtu tego łańcucha jest jego zdolność do przetworzenia odpowiedniej ilości towaru. Mówimy wówczas o efektywności łańcucha procesowego lub o jego przepustowości.

Wpływ na przepustowość oprócz złożoności algorytmów mają zdolności mechaniczne urządzeń. W tym przypadku także mówimy o przepustowości mechanicznej. Rozpatrując ciąg urządzeń w ramach jednego łańcucha procesowego, musimy mieć świadomość, że przepustowość tegoż łańcucha będzie taka jak przepustowość mechaniczna najsłabszego elementu mechanizacji. Dochodzi do tego zjawisko pulsacji procesowej¹ w łańcuchu, co powoduje często, że całkowita przepustowość procesowa jest znacznie niższa, gdyż elementy procesu mogą wzajemnie na siebie oddziaływać w sposób obniżający wydajność węzła procesowego².

Ten fakt prowadzi bardzo często do nieporozumień pomiędzy dostawcami rozwiązań i klientami. Dostawcy mówią często o przepustowości (maksymalnej) mechanicznej, a klienci chcą wiedzieć, jaka będzie ich przepustowość logistyczna (procesowa), i kojarzą ją z tą podaną przez dostawcę.

O sposobach prowadzących do porozumienia i obiektywnej oceny podczas odbiorów technicznych pisałem już wielokrotnie przy okazji innych zagadnień. Dlatego też chciałbym teraz poświęcić nieco uwagi samej metodyce planowania łańcuchów procesowych w praktyce. Podstawą każdego MASTER PLANU jest analiza danych. Ale nie tylko ta rozumiana w sensie statycznym bazującej na danych z przeszłości,

uwzględniającej parametry ekstrapolacji i pokazującej wartości średnie w przyszłości, ale przede wszystkim na analizie strumieniowej, sporządzonej w oparciu o przyszłe oczekiwane wartości strumieni towarowych przy uwzględnieniu zmienności natężenia tych strumieni i zmiennej przepustowości procesowej. Takie analizy możliwe są do przeprowadzenia przy wykorzystaniu odpowiedniego oprogramowania i umożliwiają wskazanie na te elementy łańcucha, które potencjalnie mogą być przyczyną zaburzeń w przepływach, wywołując pulsację strumieniową. Przeprowadzenie takiej analizy weryfikuje wstępne założenia inżynierów odpowiedzialnych za planowanie technologiczne w magazynie i umożliwia korekty np. poprzez zwiększenie przepustowości mechanicznej urządzenia, zwiększenie liczby urządzeń lub poprzez wprowadzenie by-passów do schematu procesowego.



Schemat łańcucha procesów w oparciu o wykresy Sankey-a (materiały własne LLS)

Interesującym aspektem takiego podejścia do planowania jest fakt analizy procesu lub całego łańcucha z różnych perspektyw. Zarówno z punktu widzenia inżynierskiego, jak i procesowo-analitycznego, co stanowi dodatkowy element bezpieczeństwa w procesie planowania. Niejednokrotnie dane zawarte w opisie technicznym urządzeń musiały podczas planowania być weryfikowane na skutek analizy strumieniowej, która wykazała słabości procesowe w chwili połączenia wielu urządzeń w jeden cykl procesowy.

Podczas planowania łańcuchów procesowych istotną rolę odgrywają także informacje uzyskane od klientów na temat zmienności natężenia strumieni podczas sezonowych spiętrzeń lub w czasie trwania dnia roboczego. Klasycznym przykładem są tutaj branża dystrybucji leków ze swoimi spiętrzeniami podczas dnia i magazyny realizujące usługi e-commerce w związku z np. wyprzedzają „black Friday”. Konsekwencją takich zjawisk jest dyskusja nad sposobem planowania magazynu i odpowiedzią na pytanie, czy planujemy jego moce pod spiętrzenia, czy też tzw. dzień „średnioroczny”. O wpływie na efekty ekonomiczne takiego czy innego podejścia także pisałem już przy okazji innych tematów podejmowanych w ramach rozważań dotyczących rachunków ROI³ w projektach automatyzacji magazynowej.

¹ Zjawisko polegające na zakłóceniu stałego przepływu w wyniku kumulacji lub spiętrzenia na określonym odcinku łańcucha procesowego, przez co następujące procesy tracą swoją płynność np. w czasie przezbrowienia, tzw. time-out lub w wyniku zaburzenia przy dostarczeniu sygnału z bazy danych lub materiału pomocniczego z zasobnika.

² Element łańcucha procesowego opisany parametrami takimi jak miejsce, wydajność i czas działania.

³ Return of Investment – zwrot z inwestycji.

Praktyczny przykład planowania procesów

Rozważmy dla przykładu proces konsolidacji i pakowania w magazynie obsługującym kanał sprzedaży e-commerce.

W danych określonych przez klienta wyszczególniono:

- trzy grupy towarowe,
- ilość SKU w magazynie,
- dostawy spoza własnego magazynu do konsolidacji ze zleceniami,
- odbiory własne i dostawy kurierskie,
- ilość zleceń przypadających na jedną godzinę operacyjną,
- czas wyprzedzenia realizacji przed upływem punktu „cut-off”⁴,
- sposób przygotowania wysyłki z magazynu w zależności od typu dostawy.

Szkiełko pokazuje fragment łańcucha procesowego, gdzie zbiegają się wszystkie uprzednio zrealizowane strumienie w procesach kompletacji. Cały łańcuch procesowy wyglądał następująco:



Stacja konsolidacji zleceń częściowych dla kanału e-commerce (materiały własne LLS)

Tworząc siatkę połączeń poszczególnych procesów częściowych, konieczne było uwzględnienie zmiennych natężenia strumienia w jednej linii stacji pakowania, a co za tym idzie – określenie parametrów, według których sterowana była kolejność wydawanych pojemników z systemu shuttle.

Proces częściowy - opis	Strefa	Proces następujący	Okno czasowe
kompletacja ręczna towarów grupy I	Strefa i własnego magazynu	Buforowanie w systemie shuttle ⁵	„Cut-off” minus 8-6 h
Kompletacja ręczna towarów grupy II	Strefa ii własnego magazynu	Sortowanie w zależności od miejsca pakowania	„Cut-off” minus 8-6 h
Kompletacja ręczna towarów grupy III	Strefa iii własnego magazynu	Buforowanie w systemie shuttle	„Cut-off” minus 8-6 h
Sortowanie towarów grupy II	Sorter	Buforowanie w systemie shuttle	„Cut-off” minus 6 h
Dostawa towarów spoza magazynu własnego	Strefa przyjęcia dostaw obcych e-commerce	Buforowanie w systemie shuttle	„Cut-off” minus 6-2 h
Dostawa towarów spoza magazynu własnego	Strefa przyjęcia dostaw obcych e-commerce	Konsolidacja w strefie pakowania	„Cut-off” minus 2 h
Konsolidacja zleceń częściowych	Strefa konsolidacji i pakowania	Pakowanie	„Cut-off” minus 1 h
Pakowanie	Pakowania	Sortowanie na trasy i wysyłka	„Cut-off” minus 1-0,5 h

Mając tak określone warunki przygotowania i konsolidacji zleceń, konieczne było właściwe określenie przepustowości procesowej na każdym kroku. O ile w miarę prostą rzeczą było określenie przepustowości mechanicznej urządzeń, to znacznie trudniejszym zadaniem było wyznaczenie tego parametru dla czynności manualnych z uwzględnieniem czynnika pulsacji strumienia. Takim szczególnym przypadkiem był proces konsolidacji ręcznej w regale konsolidacyjnym popularnie zwanym „gołębnikiem”. Przyczyną pulsacyjnej charakterystyki tego strumienia pojemników spływających z bufora automatycznego typu shuttle był fakt połączenia wielu stacji konsolidacji i pakowania w jednej linii szeregowo. Miało to uzasadnienie w postaci wykorzystania miejsca w hali, niemniej wywoływało efekt nierównomiernego obciążenia stacji podczas jednej fali zleceń dla jednego okna „cut-off”. W rezultacie pracownicy dalszych stacji w szeregu byli narażeni na zwiększony czas oczekiwania na swoje pojemniki.

Wskazówki projektowe dla praktyków

Nawet nie posiadając umiejętności planowania urządzeń automatyzacji w magazynie, można samodzielnie pokusić się o stworzenie siatki procesowej, w oparciu o ich parametry próbując określić przepustowości każdego z nich na drodze empirycznych działań lub posługując się tabelami typu REFA⁶.

Dokładniejsze wyniki daje przeprowadzenie symulacji procesowej przy pomocy specjalistycznego oprogramowania.

Należy podczas tworzenia łańcucha procesowego łączyć wszystkie procesy pośrednie za pomocą wektorów kierunku z uwzględnieniem natężenia strumienia towarowego.

Określone w ten sposób podstawowe parametry procesu posłużą następnie do stworzenia listy potencjalnych rozwiązań mechanizacji lub automatyzacji, uwzględniając zapas przepustowości praktycznie w zakresie od 20 do 25% przepustowości wymaganej dla procesu. ■

⁴ Cut-off – punkt czasowy odcięcia fali zleceń przyporządkowanych do jednej trasy wysyłkowej.

⁵ Układ mechaniczny łączący cechy magazynu automatycznego dla pojemników ze stacjami kompletacji ręcznej zgodnie z zasadą „towar do człowieka” lub układ przeznaczony do składowania i/lub buforowania towaru.

⁶ REFA – system określający, jakie warunki środowiska pracy muszą być spełnione, aby wykonać określone czynności – inaczej też według Lean Principle.