

Jerzy LIPSKI, Grzegorz KŁOSOWSKI

Politechnika Lubelska, ul. Nadbystrzycka 38d, 20-618 Lublin

E-mail: j.lipski@pollub.pl, g.klosowski@pollub.pl

Sterowanie transportem wewnątrzzakładowym z zastosowaniem wybranych metod sztucznej inteligencji

1 Wstęp

Artykuł zawiera opis badań symulacyjnych sterowania procesem transportu w wydziale obróbki skrawaniem dużego zakładu przemysłowego. Opracowano koncepcję sterowania opartą na zastosowaniu metod sztucznej inteligencji do osiągnięcia ciągłości produkcji przy minimalnych kosztach. Przedmiotem badań jest symulacyjny model zarządzania transportem wewnątrzzakładowym z „inteligentnym” sterownikiem. Badaniu podlega sposób zachowania się układu sterowania (sterownika) w różnych warunkach organizacyjnych systemu produkcyjnego.

2 Model symulacyjny sterowania transportem wewnątrzzakładowym przy użyciu inteligentnego sterownika

Badania zostały przeprowadzone za pomocą specjalnie do tego celu opracowanego, komputerowego symulatora systemu produkcyjnego. Symulator zawiera modele: podsystemu transportu wewnątrzzakładowego, maszyn technologicznych, środków transportu oraz inteligentnego sterownika.

Rezultaty badań powinny umożliwić ocenę jakości sterownika funkcjonującego w określonym systemie produkcyjnym. Ponadto, badania mają na celu osiągnięcie następujących, potencjalnych korzyści:

- wspomaganie projektowania nowych systemów produkcyjnych z systemem transportu wewnątrzzakładowego,
- udoskonalanie istniejących systemów produkcyjnych z systemem transportu wewnątrzzakładowego,
- dobór optymalnej liczby pojazdów AGV (Automated Guided Vehicle) dla danego systemu produkcyjnego,
- ustalenie minimalnej liczby zadań transportowych dla jednej pętli przejazdu pojazdu transportowego.

Zarówno w procesie produkcyjnym jak i podczas operacji transportowych mamy do czynienia z problemami należącymi do klasy problemów NP-trudnych oraz rozmytych (np. problem komiwojażera, ustalanie wielkości zapasów produkcji w toku, ustalanie liczności partii produkcyjnej, ustalanie maksymalnego czasu oczekiwania partii transportowej itp.). Problemy tej klasy można skutecznie rozwiązywać za pomocą metod sztucznej inteligencji.

3 Klasyfikacja punktów dostawy/odbioru do obsługi transportowej za pomocą modułu logiki rozmytej

Każdy punkt dostawy/odbioru wymaga obsługi transportowej. Aby obsługa transportowa mogła mieć miejsce, najpierw należy podjąć decyzję odnośnie tego czy w danej chwili określony punkt dostawy/odbioru wymaga obsługi oraz, jeśli odpowiedź na pierwsze pytanie jest twierdząca, jakiego rodzaju obsługa jest potrzebna (dostawa czy odbiór części). Aby umożliwić uzyskanie odpowiedzi na ww. pytania zaprojektowano i wykonano programowy, inteligentny sterownik bazujący na logice rozmytej. Każda maszyna technologiczna powinna być opomiarowana i powinna posiadać swój własny sterownik rozmyty. System czujników wraz ze sterownikiem działają w układzie dyskretnym, z czasem próbkowania równym jednej sekundzie. Tak więc w sekundowych odstępach czasu, do sterownika rozmytego każdej maszyny technologicznej trafiają informacje wejściowe, które po przetworzeniu generują sygnał wyjściowy mówiący o tym, czy dana maszyna wymaga obsługi transportowej, jakiego rodzaju jest to obsługa oraz jaki jest jej priorytet.

Sterownik rozmyty pojedynczej maszyny technologicznej jest systemem do którego informacje podawane są w postaci 3-elementowego wektora. Wektor wejść $W_x=[x_1; x_2; x_3]$ zawiera następujące elementy:

x_1 – Zaawansowanie [%]	$0 \leq x_1 \leq 100$
x_2 – Oczekiwanie-na-odbior [%]	$0 \leq x_2 \leq 100$
x_3 – Ryzyko	$0 \leq x_3 \leq 10$

Wyjściem jest wektor dwuelementowy $W_y = [y_1; y_2]$, w którym:

y_1 – Dostawa	$-1 \leq y_1 \leq 1$, gdy $y_1 > 0$ to Dostawa
y_2 – Odbiór	$-1 \leq y_2 \leq 1$, gdy $y_2 > 0$ to Odbiór

Potrzeba dostawy lub odbioru części na stanowisko pojawia się w chwili, gdy wartość wyjścia jest większa od zera. Jednocześnie im wyższa wartość, tym wyższy jest priorytet operacji transportowej która jest zgłaszana przez dane stanowisko. Wejścia i wyjścia systemu sterownika rozmytego przedstawia rys. 1.

Ryzyko, w przedziale od 0 do 10, szacowane jest na bieżąco, na podstawie odchyień od idealnych terminów obsługi, jakie były rejestrowane w poszczególnych punktach dostawy/odbioru w historii zleceń transportowych. Ryzyko jest przeliczane w odstępach sekundowych, podobnie jak inne parametry wyjściowe systemu.



Rys. 1. Wyjścia i wejścia sterownika rozmytego

Fig. 1. Outputs and inputs of fuzzy logic controller

Za idealny termin obsługi w przypadku dostawy uznawany jest moment, w którym czas pozostały do zakończenia obróbki bieżącej partii transportowej jest równy czasowi wyładunku części ze środka transportu na stanowisko robocze. Niestety, taki termin dostawy nie pozostawia już miejsca na zwłokę spowodowaną ewentualnym problemem, a więc jest bardzo ryzykowny. Dlatego też, formuła określająca wartość ryzyka została opracowana w taki sposób, by średnia wartość ryzyka ($x_3=5$) występowała w przypadku, gdy dostawa następuje przy $l_p=p_t$. To znaczy liczba części pozostałych do obróbki z bieżącej partii transportowej w chwili dostawy jest równa liczności partii transportowej. Jeśli dostawa następuje przy większym zapasie buforowym $l_p > p_t$, wtedy ryzyko spada, natomiast gdy liczba części pozostałych do obróbki w chwili dostawy jest mniejsza od liczności partii transportowej – ryzyko rośnie. Z kolei idealny termin odbioru to moment, w którym obróbka ostatniej części należąca do danej partii transportowej zostanie zakończona.

Formułę, wg której określane jest ryzyko dostawy, można wyrazić zależnością (1). Ryzyko zależy od tego, jaka była liczba części pozostałych do obróbki l_p podczas ostatniej operacji transportowej na danym stanowisku. Jest to parametr dynamiczny, dlatego ważna jest chwila jego zarejestrowania.

$$R = 10 \cdot \left(1 - \frac{l_p}{2p_t} \right), \quad 0 \leq R \leq 10 \quad (1)$$

gdzie: R – ryzyko dostawy
 l_p – liczba części pozostałych do obróbki z bieżącej partii transportowej w chwili dostawy [szt.]
 p_t – liczność partii transportowej [szt.]

Ryzyko R jest liczbą rzeczywistą, która zawiera się w przedziale $[0;10]$. Ryzyko determinuje liczba części pozostałych do obróbki w chwili dostawy oraz liczność partii transportowej. Dwójka w liczniku powoduje, że w przypadku gdy dostawa następuje przy $l_p=p_t$, ryzyko jest równe 5, a więc jest średnie. Wykres zależności ryzyka od liczby części pozostałych do obróbki, przy założeniu że liczność partii transportowej $p_t=10$ szt., przedstawia rys. 2.

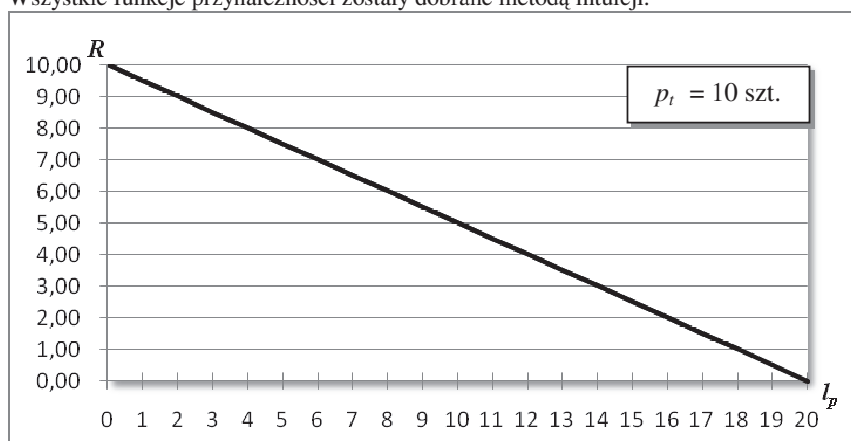
Ryzyko nieterminowej dostawy jest parametrem krytycznym, gdyż opóźnienie grozi zatrzymaniem produkcji. Brak terminowego odbioru gotowych części nie powoduje natychmiastowego zatrzymania produkcji, lecz jedynie zwiększy średni zapas buforowy. Biorąc pod uwagę kryterium zatrzymania produkcji, ryzyko nieterminowego odbioru jest więc parametrem niekrytycznym. Środek transportu podczas jednej wizyty może przeprowadzić jednocześnie dwie operacje: dostawę i odbiór. Ponieważ zarówno ryzyko nieterminowości dostawy jak i ryzyko odbioru zależą od podobnych czynników (zator, awaria, kolizja, wąskie gardło itp.) można przyjąć, że nie ma potrzeby osobnego szacowania ryzyka dla dostawy i odbioru. Skalę ryzyka dostawy można zastosować także dla operacji odbioru części. Ponieważ ryzyko odbioru części jest parametrem niekrytycznym, reguły w których wartością wyjściową jest y_2 (odbiór) otrzymały mniejszą wagę od reguł mających na wyjściu wartość y_1 , czyli dostawę.

Obniżenie wagi (rangi) reguły, powoduje zmniejszenie wpływu rezultatu reguły na końcowy wynik procesu wnioskowania. Baza reguł składa się z sześciu instrukcji

warunkowych, które przedstawione w zapisie lingwistycznym przyjmują następującą postać:

1. JEŻELI (**Zaawansowanie** jest **Małe**) LUB (**Ryzyko** jest **Niskie**) TO (**Dostawa** jest **Zbędna**) (waga 1)
2. JEŻELI (**Zaawansowanie** jest **Średnie**) LUB (**Ryzyko** jest **Średnie**) TO (**Dostawa** jest **Wskazana**) (waga 1)
3. JEŻELI (**Zaawansowanie** jest **Duże**) LUB (**Ryzyko** jest **Wysokie**) TO (**Dostawa** jest **Pilna**) (waga 1)
4. JEŻELI (**Oczekiwanie-na-odbiór** jest **Krótkie**) LUB (**Ryzyko** jest **Niskie**) TO (**Odbiór** jest **Zbędny**) (waga 0,5)
5. JEŻELI (**Oczekiwanie-na-odbiór** jest **Długie**) LUB (**Ryzyko** jest **Wysokie**) TO (**Odbiór** jest **Pilny**) (waga 0,5)
6. JEŻELI (**Zaawansowanie** jest **Średnie**) I (**Oczekiwanie-na-odbiór** jest **Długie**) I (**Ryzyko** jest **Średnie**) TO (**Dostawa** jest **Wskazana**)(**Odbiór** jest **Wskazany**) (waga 0,8)

Wszystkie funkcje przynależności zostały dobrane metodą intuicji.



Rys. 2. Wykres zależności ryzyka (R) od ilości części pozostałych do obróbki (lp) w chwili dostawy dla $pt=10$ sztuk

Fig. 2. Risk (R) and rest of lot (lp) relationship in the moment of delivery for $lp=10$ pieces

4 Optymalizacja trasy przejazdu przy pomocy algorytmów genetycznych

Jednym z kluczowych elementów procesu sterowania pojazdem AGV jest wybór optymalnej trasy przejazdu. Jest to problem, znany pod nazwą "symetrycznego problemu komiwojażera". Rozwiązaniem tego problemu jest uporządkowany wektor stanowisk roboczych, które powinny być obsłużone przez pojazd AGV w jednej pętli przejazdu. Ponieważ problem komiwojażera należy do klasy problemów NP-trudnych, nie istnieje deterministyczna metoda pozwalająca na rozwiązanie tego problemu

w czasie wielomianowym. Oznacza to, że aby rozwiązać ww. problem, należałoby sprawdzić wszystkie możliwe rozwiązania, porównać je ze sobą i wybrać najlepsze z nich. Ilość możliwych tras jest permutacją $1,2,3,\dots,n$ punktów leżących na każdej trasie (czyli $n!$).

Przypadek rozpatrywany w niniejszej pracy posiada pewne cechy charakterystyczne i ograniczenia, które wyróżniają go od klasycznego problemu komiwojażera. Po pierwsze pojazd AGV wyrusza zawsze z jednego punktu – z rozdzielni. Ma także narzucone z góry stanowisko o najniższym priorytecie, które powinno zostać obsłużone jako ostatnie. Pozostaje zatem problem ustalenia kolejności obsługi pozostałych stanowisk, czyli odpowiednie posortowanie wektora \mathbf{x}_l^1 (zależność 3), zawierającego stanowiska ulokowane w obrębie wektora \mathbf{x}_l (zależności 2 i 4) pomiędzy rozdzielnią $n(1)$, a stanowiskiem o najniższym priorytecie obsługi $n(i)$.

$$\mathbf{x}_l = \{n(1), n(2), n(3), \dots, n(i-1), n(i), n(N_l)\} \quad (2)$$

$$\mathbf{x}_l^1 = \{n(2), n(3), \dots, n(i-1), n(i)\}, \quad \mathbf{x}_l^1 \in \mathbf{x}_l \quad (3)$$

$$\mathbf{x}_l = \{n(1), \mathbf{x}_l^1, n(N_l)\} \quad (4)$$

Uporządkowany wektor stanowisk wymagających obsługi w danej pętli przejazdu, ustalany jest przez moduł działający w oparciu o algorytm genetyczny. Informacja o trasie przejazdu przekazywana jest do pojazdu AGV przed wyjazdem środka transportu z rozdzielni.

Koszt operacyjny środka transportu wyrażony w [zł/min] jest stały, a średni czas przejazdu pomiędzy $n(i)$ a $n(i+1)$ stanowiskiem jest wprost proporcjonalny do odległości, zatem można założyć, że koszt jest funkcją przebytej odległości. Funkcja celu jest następująca:

$$C_{l,l}(s_{l,0}, \mathbf{x}_l) = c_{s,l} \sum_{i=0}^{N_l} (s_{l,n(i)}, n(i), n(i+1)) \quad (5)$$

gdzie,

$c_{l,l}(t_{l,0}, \mathbf{x}_l)$ koszt operacyjny l -tego pojazdu [zł]

$c_{l,l}(s_{l,0}, \mathbf{x}_l)$ całkowity koszt operacyjny l -tego pojazdu będący funkcją odległości [zł]

$c_{s,l}$ jednostkowy koszt operacyjny l -tego pojazdu na metr [zł/m]

$s_{l,n(i)}, n(i), n(i+1)$ odległość przejazdu l -tego pojazdu pomiędzy stanowiskami $n(i)$ a $n(i+1)$

Ponieważ w rozpatrywanym tutaj przypadku występuje tylko jeden środek transportu, ostatecznie funkcja celu zależy jedynie od odległości i wygląda następująco (zależność 6) [1][2][3][4]:

$$S(s_0, \mathbf{x}) = c_{s,l} \sum_{i=0}^N (s_{n(i)}, n(i), n(i+1)) \quad (6)$$

Powyższa funkcja jest funkcją dopasowania (funkcją celu) i jest optymalizowana przy pomocy algorytmu genetycznego.

5 Wyniki badań symulacyjnych

Jak już wspomniano w poprzednich rozdziałach, badaniom symulacyjnym poddany został system produkcyjny składający się z 20 maszyn technologicznych obsługiwanych przez jeden środek transportu.

W czasie 64 minut zasymulowano 8 godzin pracy systemu produkcyjnego. Proces symulacyjny miał charakter dyskretny, z częstością próbkowania 1 sek. W trakcie symulacji rejestrowane były stany wielu zmiennych systemu, głównie wejść i wyjść najważniejszych podsystemów (modułów, bloków i funkcji) zaimplementowanych w środowisku badawczym oprogramowania Matlab Simulink i Stateflow.

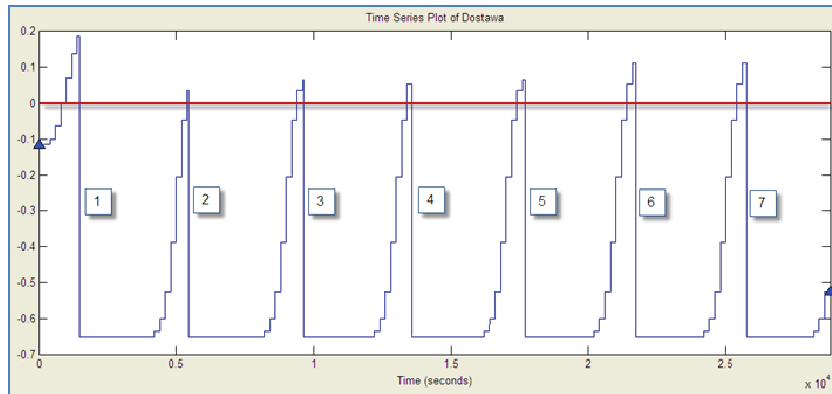
W wyniku wykonanej symulacji zweryfikowano funkcjonowanie systemu transportowego sterowanego za pomocą regulatora rozmytego i genetycznego optymalizatora trasy przejazdu. Tym samym, otrzymano wiele danych dzięki którym można dokonać oceny skuteczności działania inteligentnego sterownika systemu transportu wewnątrzzakładowego.

Ze względu na bardzo dużą liczbę informacji oraz ograniczenia związane z objętością niniejszej pracy, niemożliwe jest szczegółowe zaprezentowanie wyników pochodzących ze wszystkich maszyn technologicznych. W związku z tym, poniżej przeanalizowano zarejestrowane wyniki pracy jednej, wybranej maszyny technologicznej, w ciągu 8 godzinnej zmiany roboczej. Parametry analizowanej maszyny technologicznej były następujące:

- liczność podstawowej partii transportowej $p_{t_0}=20$ sztuk,
- czas obróbki partii transportowej COP = 4000 s,
- czas jednostkowy $t_j=200$ s.

Jest to maszyna o przeciętnych parametrach na tle pozostałych maszyn technologicznych należących do systemu produkcyjnego będącego obiektem symulacji. Względny termin rozpoczęcia symulacji wynosi 0, czyli początek symulacji ma miejsce w zerowej sekundzie. Rozważając tę kwestię jeszcze precyzyjniej – początkiem symulacji jest początek pierwszej sekundy czasu symulowanego.

Należy rozróżnić dwa rodzaje czasów: czas rzeczywisty i czas symulowany. Czas rzeczywisty, jest to czas w którym działa oprogramowanie symulacyjne. W opisywanym przypadku czas rzeczywisty wyniósł 64 minuty. W tym czasie upłynęło 8 godzin (28800 sek.) czasu symulowanego.

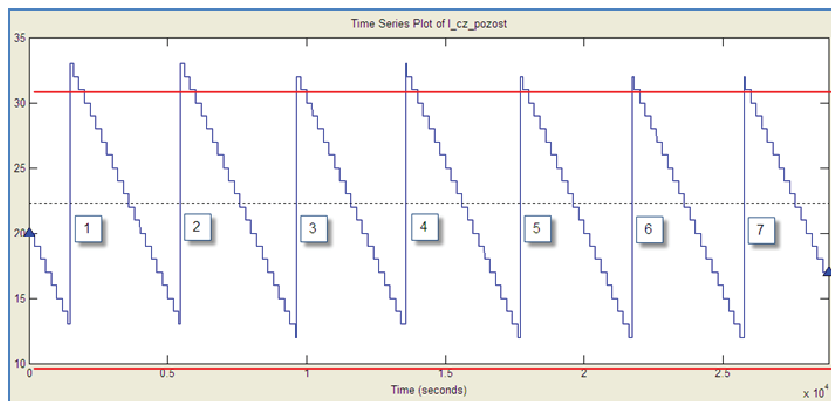


*Rys. 3. Wartości wyjścia sterownika rozmytego dla dostawy na stanowisku nr 9
Fig. 3. Workstation No. 9 output of fuzzy logic controller for delivery*

Rys. 3. prezentuje wartość wyjścia Dostawa – jednego z dwóch sygnałów wyjściowych sterownika rozmytego maszyny technologicznej nr 9 w czasie trwania symulacji. Ponieważ w chwili rozpoczęcia symulacji zapas części do obróbki wynosił $p_{i_0} = 20$ szt. przy ryzyku $R=5$, wartość sygnału wyjściowego dla dostawy była ujemna. Wraz z ubywaniem kolejnych części do obróbki (po stronie wejściowej maszyny technologicznej) rosła wartość sygnału dostawy. W krótkim czasie przekroczyła ona poziom 0 i zaczęła przyjmować wartości dodatnie, co było sygnałem do uruchomienia żądania operacji dostawy kolejnej partii części do obróbki. Od tej chwili stanowisko nr 9 było uwzględniane w kolejce stanowisk wymagających obsługi w następnej pętli przejazdu. Wkrótce potem, gdy wartość sygnału dostawy zbliżyła się do poziomu 0,2 nastąpiła faktyczna (symulowana) dostawa części na stanowisko (dostawa nr 1). Na wykresie moment ten jest widoczny jako pionowa linia gwałtownego spadku wartości sygnału dostawy. Od 0,19 wartość spadła poniżej poziomu -0,6. W tym momencie zapas części do obróbki był na tyle duży, że przez pewien czas wartość sygnału dostawy znajdowała się na tak samo niskim poziomie. Ponieważ jednak zapas części do obróbki stopniowo malał, po pewnym czasie wartość sygnału dostawy ponownie zaczęła rosnąć. Cykl ten powtarza się 7-krotnie.

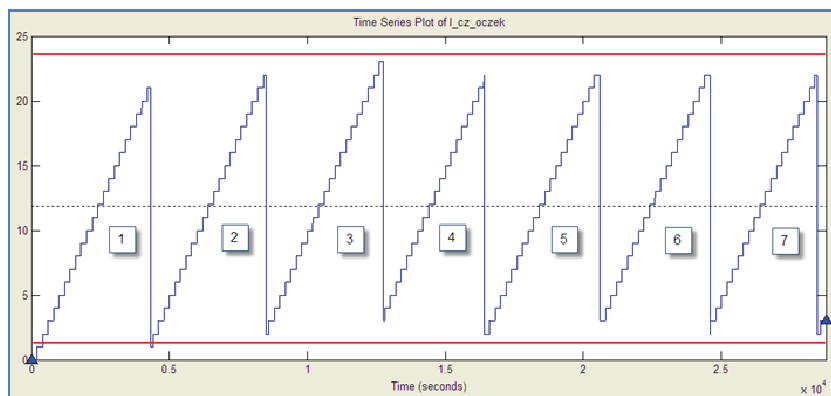
Rys. 4. przedstawia wykres kształtowania się poziomu zapasów buforowych części po obróbce na stanowisku nr 9. Pionowe spadki poziomu zapasów odpowiadają poszczególnym odbiorom partii transportowych. Średni poziom zapasów wyniósł około 12 sztuk. Był on mniejszy od średniego poziomu zapasu części przed obróbką. Jest to słuszne, gdyż utrzymywanie wyższego poziomu zapasu na wejściu maszyny ma na celu zapewnienie ciągłości produkcji. Zapas części po obróbce nie jest parametrem krytycznym i powoduje jedynie zamrożenie kapitału. Powinien być więc jak najmniejszy. Maksymalny zapas buforowy na wyjściu maszyny technologicznej nr 9 kształtował się na poziomie 23 części. Poziom minimalny był bliski zeru jedynie przy odbiorze nr 1. Spadł wtedy do 1 szt. Było to spowodowane faktem, że początkowa wartość parametru ryzyka wynosiła 5, a po pierwszej dostawie znacznie spadła. Dlatego

priorytet odbiorów został także obniżony, co spowodowało nieznaczny wzrost średniego poziomu zapasów. Należy wziąć pod uwagę, że środek transportu zabiera jedynie części w ilości będącej krotnością p_{i_0} – stąd pozostawianie pewnej ilości części na stanowisku po odbiorze.



Rys. 4. Wielkość zapasu części przed obróbką na stanowisku nr 9
 Fig. 4. Stock before workstation No. 9

Na rys. 5. pokazano wielkość zapasu buforowego części przed obróbką. Pionowe wzrosty co pewien czas odzwierciedlają dostawy. Linia przerywana wskazuje średni poziom zapasów części przed obróbką, a skrajne linie wskazują minimalny i maksymalny poziom zapasów. Jak widać, zapas ten utrzymuje się na średnim poziomie około 22 sztuk, co jest ilością nieco większą niż podstawowa partia transportowa, która dla stanowiska nr 9 wynosi 20 sztuk.



Rys. 5. Wielkość zapasu części oczekujących na odbiór po obróbce na stanowisku nr 9
 Fig. 5. Stock after workstation No. 9

6 Wnioski

W wyniku przeprowadzonych badań udało się potwierdzić tezę mówiącą że możliwe jest opracowanie modelu parametrycznego bazującego na logice rozmytej i algorytmach genetycznych do optymalizacji sterowania transportem wewnątrzzakładowym w różnych konfiguracjach procesów wytwórczych. Wyniki potwierdziły także, że zastosowanie inteligentnego sterownika, wykorzystującego reguły logiki rozmytej oraz optymalizacyjny algorytm genetyczny, jest rozwiązaniem działającym efektywnie także w przypadku dużych systemów AGV. Dowodem na to jest fakt, iż podczas symulacji sterownik był w stanie bezproblemowo sterować systemem składającym się z 20 stanowisk, podczas gdy alternatywne systemy sterowania transportem wewnątrzzakładowym oparte na algorytmach programowania liniowego nie były w stanie poradzić sobie z zadaniem, w którym ilość stanowisk przekraczała 15 [5].

Wyniki niniejszej pracy wykazały, że system nie musiał optymalizować trasy przejazdu dłuższej niż dla 13 stanowisk w jednej pętli, pomimo że z powodzeniem był w stanie obsłużyć pętlę składającą się nawet z 20 stanowisk. Uzyskanie tak niewielkiej, maksymalnej liczby stanowisk w jednej pętli (13 stanowisk) w systemie 20 stanowiskowym, było możliwe dzięki skutecznej metodzie wezwań środka transportu do wykonywania operacji dostaw/odbioru. Metoda sterowania zadaniami obsługi transportowej do poszczególnych maszyn technologicznych była realizowana za pośrednictwem rozmytego systemu wnioskowania wg metody Mamdaniego [6][7]. Nowatorskim elementem było wprowadzenie dodatkowego parametru określającego ryzyko dostaw i odbiorów. Zarejestrowane wyniki przebiegu eksperymentu potwierdziły słuszność wprowadzenia zarówno ww. parametru jak również prawidłowość nowoopracowanej formuły, która go określa.

Literatura

1. Kłosowski G. *Sztuczna inteligencja w sterowaniu transportem wewnętrznym*, Przegląd Mechaniczny, 5, Suplement, s. 66-69, 2007
2. Kłosowski G., Lipski J. *Genetic algorithms in work transport optimization*, Materiały międzynarodowej konferencji studentów, asystentów i młodych uczonych, Sewastopol 2006.
3. Lipski J., Kłosowski G. *An Artificial Intelligence In Works Transport Control*, Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, Lublin 2008, s. 33-43, 2008
4. Lipski J., Kłosowski G. *Design for a Single Multi-Load AGV Simulation System with Artificial Intelligence Controller*, Automation And Control In Industry, Lubelskie Towarzystwo Naukowe, Lublin 2009
5. Johnson M.E., Brandeau M.L.. *An analytic model for design of a multivehicle automated guided vehicle system*. Management Science, 39(12), 1477-1489, 1993
6. Sivanandam S. N., Sumathi S., Deepa S. N. *Introduction to Fuzzy Logic using MATLAB*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2007, pp. 11-127, 2007
7. Mamdani, E.H., Assilian S. *An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller*, International Journal of Man-Machine Studies, Vol. 7, No. 1, pp. 1-13, 1975

Streszczenie

Referat zawiera prezentację symulacyjnego modelu systemu produkcyjnego, składającego się z maszyn technologicznych oraz środka transportu wewnątrzzakładowego (AGV – Automated Guided Vehicle). Autorzy stawiają sobie za cel rozwiązanie problemu optymalizacji obsługi transportowej przy określonych parametrach systemu produkcyjnego, a także innych ograniczeniach. Głównym elementem prezentowanego modelu symulacyjnego jest inteligentny (komputerowy) sterownik bazujący na logice rozmytej oraz algorytmach genetycznych.

Artificial intelligence in works transport control

Summary

This paper refers to the simulation model of manufacturing system that consists of workstations and a mean of works transport (AGV = Automated Guided Vehicle). The main goal is transportation optimization within particular system parameters and other limitations. The most important component of the simulation model is an artificial intelligent controller based on fuzzy logic and genetic algorithms.