

Marek LUBICZ

Instytut Organizacji i Zarządzania
Politechniki Wrocławskiej

KONTROLA JAKOŚCI W ZAUTOMATYZOWANYCH SYSTEMACH PRODUKCYJNYCH

Streszczenie. Praca dotyczy teoretycznych podstaw automatyzacji kontroli jakości realizowanej w dyskretnych procesach produkcyjnych. Rozpatrzono problemy: projektowania organizacji procesu kontroli jakości, automatyzacji rozpoznawania jakości oraz algorytmizacji analizy wyników rozpoznawania jakości dla potrzeb sterowania jakością.

1. WPROWADZENIE

Rozpatrzmy ustalony, przemysłowy, dyskretny system produkcyjny. Pojęcie "dyskretny system (proces) produkcyjny" określane jest w literaturze w sposób różnorodny i niejednoznaczny. Według [5] dyskretny system produkcyjny odznacza się istnieniem określonego, skończonego zbioru zdarzeń, związanych ściśle z istnieniem zadania produkcyjnego. Przebieg procesu produkcyjnego (w takim systemie) polega na kolejnym (w sensie czasu) dopuszczalnym następowaniu zdarzeń ze zbioru. Przemysłowy dyskretny system produkcyjny charakteryzuje się przepływem materiałów i półproduktów w ciągu technologicznym w postaci pojedynczych elementów, które poddawane są operacjom obróbki na kolejnych stanowiskach wyposażonych w maszyny (środki produkcji).

Dotknięcie celów postawionych przed systemem produkcyjnym jest uwarunkowane właściwą organizacją tego systemu, a w szczególności optymalnym ukształtowaniem jego struktury oraz przebiegu procesów realizowanych w systemie. Przyjmijmy, że rozpatrywany system realizuje dyskretny proces produkcyjny o strukturze szeregowej, składający się z ciągu n faz produkcyjnych^{x)} i rozważmy proces kontroli jakości wyrobów wytwarzanych w powyższym procesie produkcyjnym.

x) Procesy takie występują w wielu gałęziach przemysłu, m.in. w przemyśle elektromaszynowym i elektronicznym. Należy podkreślić, że w zasadzie każdy dyskretny proces produkcyjny wyrobu można przedstawić jako ciąg skończonej liczby faz produkcyjnych, przy czym przez pojęcie "faza produkcyjna" rozumie się pewien kompleks operacji produkcyjnych (w przypadku szczególnym - jedną operację produkcyjną).

Podstawowym celem kontroli jakości jest dokonanie opisu i oceny jakości wyrobów, przy czym przedsięwzięcia te winny być poprzedzone odpowiednimi działaniami wstępnymi (w tym - optymalizację struktury procesu kontroli), natomiast po analizie wyników kontroli powinno następować wyznaczenie właściwych działań sterujących (mających na celu dotrzymanie wymaganej jakości wyrobów). Konsekwentnie można sformułować następujący zestaw głównych funkcji podsystemu kontroli jakości:

- planowanie i przygotowanie kontroli jakości; funkcja ta obejmuje zaprojektowanie odpowiedniej metodyki kontroli (wyznaczenie kolejności operacji kontrolnych oraz powiązań procesu kontroli z procesem technologicznym i procesami pomocniczymi) oraz całokształt przygotowań techniczno-organizacyjnych (do wykonania ustalonej metodyki kontroli),
- rozpoznawanie jakości wyrobów na poszczególnych stanowiskach kontrolnych, w tym:
 - opis jakości wyrobów (wyznaczenie aktualnych wartości przyjmowanych przez wybrane cechy jakości wyrobów),
 - klasyfikacja (segregacja wyników otrzymanych dla różnych wyrobów),
 - ocena jakości wyrobów zgodnie z pewnym kryterium,
- wyznaczenie postępowania pokontrolnego; obejmuje to:
 - zestawienie wyników rozpoznawania jakości otrzymanych na każdym stanowisku kontrolnym oraz analizę i ocenę tych wyników,
 - podjęcie decyzji zalecającej konieczne działania sterujące.

Jednym z kierunków działań, zmierzających do optymalizacji funkcjonowania systemów produkcyjnych, jest automatyzacja i komputerowe wspomaganie procesów realizowanych w tych systemach, w tym również procesu kontroli jakości. Wydaje się jednak, że opracowanie propozycji zautomatyzowanego systemu kontroli jakości wyrobów przemysłowych powinno być poprzedzone analizą poszczególnych funkcji systemu kontroli jakości oraz opracowaniem zalgorytmizowanych metod realizacji tych funkcji. Szczególnie istotne wydaje się tu opracowanie zasad projektowania procesów kontroli jakości; zadanie to - jak dotychczas (por. [9]) - nie zostało w sposób kompleksowy rozwiązane.

Z powyższych względów w niniejszej pracy zdecydowano się skupić uwagę na teoretycznej analizie wyróżnionych wyżej głównych funkcji kontroli jakości. Zaproponowano także wykorzystanie pewnych metod matematycznych w projektowaniu kontroli, rozpoznawaniu jakości wyrobów i analizie wyników rozpoznawania. Kolejnym etapem prac powinna być analiza funkcji sterowania jakością i zaproponowania skutecznych metod powiązania procesów kontroli i sterowania jakością. Wstępnej analizie tego problemu dokonał autor w pracy [10].

2. PROJEKTOWANIE ORGANIZACJI PROCESU KONTROLI JAKOŚCI

Wprowadzenie efektywnego systemu automatycznej kontroli jakości wymaga przede wszystkim prawidłowego zaprojektowania struktury procesu kontroli, a więc - określenia optymalnych powiązań tego procesu z procesem technologicznym (i pozostałymi procesami). Definiując proces kontroli jakości jako pasmo operacji kontrolnych, rozmieszczanych pomiędzy operacjami produkcyjnymi innych rodzajów, można sprowadzić problem zaprojektowania struktury tego procesu do następującej postaci: wyznaczyć taki sposób rozmieszczenia operacji kontroli w procesie produkcyjnym, który zapewnia osiągnięcie wymaganego poziomu jakościowego produkowanych wyrobów (poziom ten może być np. wyrażony za pomocą prawdopodobieństwa zgodności z normami wyrobów po zakończeniu ostatniej fazy produkcyjnej) lub też - który zapewnia uzyskanie określonych efektów ekonomicznych (np. minimalizację kosztów braków albo łącznych kosztów kontroli i strat na brakach).

Rozpatrzmy zatem dyskretny proces produkcyjny, w którym wyróżniono n faz produkcyjnych. Decyzja o wykonaniu operacji kontrolnej po zakończeniu i -tej fazy produkcyjnej oznacza może zastosowanie różnego rodzaju środków kontroli. W celu łącznego określenia zastosowanych środków i metod kontroli wprowadza się termin "wariant kontroli". Dla każdego wariantu kontroli określone są prawdopodobieństwa wykrycia braków: $p_{ij}^{(1)}$ - dotyczące braków pochodzących z danej (i -tej) fazy produkcyjnej oraz $p_{ij}^{(2)}$ - odnoszące się do braków powstałych w fazach produkcyjnych od pierwszej do ($i-1$)-szej łącznie. W obydwu przypadkach ($i = 1, 2, \dots, n$) oznacza numer fazy produkcyjnej, natomiast ($j = 1, 2, \dots, m$) - numer wariantu kontroli zastosowanego po i -tej fazie produkcyjnej. Ze względów formalnych $j = 1$ oznacza brak operacji kontrolnej.

Zastosowanie określonego wariantu kontroli wiąże się z poniesieniem pewnych nakładów (np. koszty sprzętu kontrolno-pomiarowego). Z drugiej strony uzyskuje się efekty ekonomiczne związane z wyeliminowaniem braków. Zatem na podstawie danych empirycznych można wyznaczyć następujące wielkości:

- koszty $K_1^{(1)}, K_{1j}^{(2)}$ braków powstałych w i -tej fazie produkcyjnej i - odpowiednio - nie wykrytych do końca procesu oraz wykrytych po j -tej fazie produkcyjnej,
- koszty $K_{1j}^{(3)}$, związane z zastosowaniem j -tego wariantu kontroli po i -tej fazie produkcyjnej.

Badania empiryczne pozwalają także na wyznaczenie prawdopodobieństw q_1 ($i = 1, 2, \dots, n$) powstania braków w i -tej fazie produkcyjnej.

Rozważane zadanie optymalizacji struktury procesu kontroli jakości sprowadza się zatem do odpowiedniego dobrania punktów procesu produkcyjnego (określonych jednoznacznie przez numery faz produkcyjnych kończących

się w danym punkcie), w których realizowane będą operacje kontroli oraz takiego dobrania wariantów kontroli, aby:

a) łączne oczekiwane koszty związane z powstawaniem braków były minimalne, a zastosowanie określonego układu wariantów kontroli było ekonomicznie opłacalne

lub:

b) prawdopodobieństwo pojawienia się braku albo łączna liczba braków (w kontroli odbiorczej) były minimalne oraz aby koszty kontroli i koszty braków nie przekraczały ustalonych wartości.

W dalszym ciągu tej pracy podano ogólny model matematyczny dla zadania typu a); modele dla przypadków szczególnych zadania a) opisano w [11], a modeła dla zadania typu b) - w pracy [9].

Wprowadźmy zmienne decyzyjne:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{jeśli po } i\text{-tej fazie produkcyjnej zastosowano} \\ & \text{j-ty wariant kontroli,} \\ 0, & \text{w przeciwnym przypadku} \end{cases}$$

oraz niech:

I_1 - zbiór wszystkich kombinacji 1-elementowych ze zbioru $\{1, 2, \dots, n\}$, gdzie: $1 \leq i_1 \leq n, \dots, i_{l-1} < i_l \leq n$ oraz l jest liczbą niewłaściwie wykonanych faz produkcyjnych,

$\sum_{(i_1, i_2, \dots, i_l) \in I_1} \epsilon$ - oznacza sumę odpowiednich wymażeń, będących pewnymi funkcjami 1 oraz l -tki (i_1, i_2, \dots, i_l) dla wszystkich elementów zbioru I_1 .

K_B i N - odpowiednio: dopuszczalna wielkość kosztów kontroli i wielkość produkcji (liczba wyrobów).

Otrzymujemy następujący model matematyczny zadania optymalizacji: minimalizować łączne oczekiwane koszty związane z powstawaniem braków:

$$f_1 = N \sum_{l=1}^n \sum_{(i_1, i_2, \dots, i_l) \in I_1} \left[\prod_{k=1}^{i_1-1} (1 - q_k) \right]$$

$$\left[\prod_{t=1}^{l-1} \prod_{k=i_t+1}^{i_{t+1}-1} (1 - q_k) \sum_{j=1}^m (1 - p_{kj}^{(2)}) x_{kj} \right]$$

$$\left\{ \left[\prod_{t=1}^l q_{i_t} \sum_{j=1}^m (1 - p_{i_t, j}^{(1)}) (1 - p_{i_t, j}^{(2)}) x_{i_t, j} \right] \right\}$$

$$\begin{aligned}
 & \left[\prod_{k=1}^n (1 - p_k) \sum_{j=1}^m (1 - p_{kj}^{(2)}) x_{kj} \right] K_n^{(1)} + \\
 & + \left[\prod_{t=1}^{l-1} q_{i_t} \sum_{j=1}^m (1 - p_{i_t, j}^{(1)}) (1 - p_{i_t, j}^{(2)}) x_{i_t, j} \right] \\
 & \left. \left[\sum_{j=1}^m p_{i_1, j}^{(2)} + p_{i_1, j}^{(1)} \quad R_{i_1} (1 - p_{i_1, j}^{(2)}) x_{i_1, j} \right] K_{i_1, i_1}^{(2)} \right\} \quad (1)
 \end{aligned}$$

przy następujących ograniczeniach:

(i) na łączny koszt zainstalowania stanowisk kontrolnych:

$$\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n K_{ij}^{(3)} x_{ij}^{(2)} < K_B \quad (2)$$

(ii) warunek opłacalności kontroli:

$$f_1(0) - f_1(\min) \geq \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m K_{ij}^{(3)} (x_{ij}^{(2)} - x_{ij}^{(1)}) \quad (3)$$

(iii)

$$\sum_{j=1}^m x_{ij}^{(2)} = 1 \text{ dla } i = 1, 2, \dots, n \text{ oraz } j = 1, 2, \dots, m \quad (4)$$

Wielkości $f_1(0)$, $x_{ij}^{(1)}$ ($f_1(\min)$, $x_{ij}^{(2)}$) oznaczają odpowiednio: wartości funkcji celu oraz zmiennych decyzyjnych przed dokonaniem optymalizacji (po optymalizacji).

Sformułowane wyżej zadanie optymalizacji jest typowym zadaniem programowania zero-jedynkowego o nieliniowej funkcji celu i liniowych ograniczeniach. Biorąc pod uwagę stopień skomplikowania problemu oraz wyniki doświadczeń komputerowych, dotyczących badania efektywności różnych procedur programowania dyskretnego, por. np. [4, 15], proponuje się wykorzystanie do optymalizacji struktury procesu kontroli jakości procedury opartej na oddytnym algorytmie Balsa [2]. Procedura została opisana w pra-

cach [9, 11], a program komputerowy (napisany w języku FORTRAN) znajduje się w trakcie prób w Instytucie Organizacji i Zarządzania Politechniki Wrocławskiej.

3. ALGORYTMIZACJA REALIZACJI PROCESÓW KONTROLNYCH

Zastosowanie postępowania opisanego w poprzednim punkcie prowadzi do wyznaczenia właściwych wariantów kontroli dla każdej fazy produkcyjnej. Następnie - po uwzględnieniu specyfiki danego procesu produkcyjnego - formułowane są szczegółowe zalecenia dla każdego stanowiska kontrolnego. Zalecenia te dotyczą w szczególności sposobów realizacji kontroli na każdym stanowisku, a więc - metod rozpoznawania jakości wyrobów.

Przyjmijmy za [9], że pojęcie "jakość wyrobu" oznacza zbiór wartości tych cech wyrobu, które determinują wykorzystanie wyrobu zgodnie z jego pierwotnym przeznaczeniem. W takim ujęciu proces kwalifikacji jakościowej wyrobów można podzielić na następujące trzy etapy:

- etap opisu jakości wyrobów, polegający na określeniu wartości składowych W_i wektora W cech jakości wyrobu dla wszystkich wyrobów z badanej populacji oraz podaniu ewentualnych dodatkowych informacji o wektorze W ,
- etap klasyfikacji, w którym wprowadza się pewnego rodzaju segregację wyników uzyskanych dla różnych wyrobów (np. dokonuje się podziału na grupy lub porządkuje wyroby w określonej kolejności),
- etap oceny jakości wyrobów zgodnie z pewnym kryterium, którym może być np. stopień zbliżenia do projektowanej jakości wyrobów.

Teoria jakości produkcji proponuje szereg sformalizowanych procedur, które można wykorzystać do kwalifikacji jakościowej wyrobów. Przegląd tych procedur, nazywanych zwykle metodami kwantyfikacji (ilościowego określenia) jakości zawierają prace [7, 8, 9]. Większość tych metod prowadzi do obliczenia wartości pewnego kompleksowego (zintegrowanego) wskaźnika jakości. Wskaźniki te wykorzystuje się następnie do porządkowania zbioru wyrobów poprzez podział na podzbiory (klasy), przy czym przynależność wyrobu do odpowiedniej klasy zależy od wartości przyjmowanej przez wskaźnik.

Istota procesów kwalifikacji jakościowej wyrobów przemysłowych wskazuje na możliwość algorytmizacji tych procesów przy zastosowaniu pewnych procedur cybernetycznych. Podejściem stosunkowo najbardziej efektywnym i często stosowanym w praktycznie działających systemach automatycznej kontroli jakości jest wykorzystanie algorytmów teorii rozpoznawania obrazów [1, 13, 14, 17]. Z formalnego punktu widzenia pojęcie "rozpoznawania obrazów" oznacza pewien proces, w którym na podstawie szeregu cech charakterystycznych pewnego obiektu określana jest jedna lub kilka najistotniejszych, ale niemożliwych do bezpośredniego zmierzenia charakterystyk obiektu.

./ szczególności określa się przynależność obiektu do pewnej klasy obiektów. Metody realizacji powyższego procesu grupują się wokół trzech zasadniczych trendów w teorii rozpoznawania obrazów.

Pierwsze z nich to klasyczne ujęcie geometryczne (dyskryminacyjne), oparte na geometrycznej interpretacji procesu rozpoznawania i założeniu, iż dowolny obraz może być reprezentowany jako punkt w m -wymiarowej (m -liczba cech) przestrzeni euklidesowej (przestrzeni obrazów). Rozpoznawanie polega tu na wyznaczeniu tzw. powierzchni decyzyjnych, oddzielających zbiory punktów należących do różnych klas. Podejścia drugie, zwane strukturalnym, bazuje na lingwistyce matematycznej. W tym ujęciu ważna jest informacja opisująca strukturę każdego obiektu, a algorytm rozpoznawania ma za zadanie nie tylko zaklasyfikować obiekt do odpowiedniej klasy, ale także opisać te cechy obiektu, które wykluczają zaliczenie go do innej klasy.

Trzecie ujęcie, oparte na statystycznej teorii decyzji, można - w odniesieniu do problemu realizacji procesów kontroli jakości - sformułować następująco (por. [10]). Przyjmijmy, że składowe w_1, w_2, \dots, w_1 wektora W cech jakości wyrobu są pewnymi zmiennymi losowymi, przy czym istnieją rozkłady prawdopodobieństwa zmiennych w_1 oraz ich rozkład łączny. Założmy także, iż kompleksowy wskaźnik jakości wyrobu S jest dyskretną zmienną losową o skończonym zbiorze wartości (M -elementowym). Wartości te można utożsamiać z numerami klas jakości, do których zaliczane będą wyroby. Proces rozpoznawania jakości może być realizowany zgodnie z Bayesowską regułą decyzyjną (w przypadku pełnej informacji probabilistycznej) lub też - z wykorzystaniem algorytmów rozpoznawania z uczeniem (przy niepełnej informacji probabilistycznej). W pierwszym przypadku wyrób jest zaliczany do klasy jakości o numerze i jeśli:

$$p(w)p(w|i) = \max_{1 \leq s \leq M} p(x)p(w|s) \quad (5)$$

W drugim przypadku najbardziej odpowiednie (por. [9, 16]) wydaje się zastosowanie reguły decyzyjnej najbliższa średnia. Ogólna procedura rozpoznawania jakości wyrobów dla tego przypadku została opisana w pracy [9] (procedura zostanie zaprezentowana w trakcie konferencji).

4. ALGORYTMIZACJA ANALIZY WYNIKÓW KONTROLI JAKOŚCI

Przyjmijmy obecnie, że w rozpatrywanym systemie produkcyjnym realizowany jest (na każdym stanowisku kontrolnym) proces rozpoznawania jakości wyrobów, zgodny z jedną z reguł decyzyjnych wzmiankowanych w p. 3. Układ stanowisk kontrolnych jest zaprojektowany zgodnie z metodyką opisaną w p.2 oraz innymi, szczególnymi instrukcjami, w wyniku zastosowania których otrzymano wymagane warianty kontroli (określone prawdopodobieństwami wykry-

cia braków). W szczególności możliwe jest zastosowanie odpowiednich testów statystycznych (por. np. [3, 6]).

W poprzednich rozważaniach zakładano jednak, że prawdopodobieństwa q_1 powstania braków w poszczególnych fazach produkcyjnych są stałe w czasie. W takim przypadku jednokrotne rozmieszczenie operacji kontrolnych, zabezpieczenie odpowiednich wariantów kontroli dla każdego stanowiska kontrolnego i prawidłowa (zgodna z regułami pktu 3) realizacja procesów kontrolnych gwarantowałyby uzyskanie żądanych wyników jakościowych procesu produkcyjnego. Praktyka wykazuje, że wystąpienie powyższej sytuacji jest jednak mało prawdopodobne (wartości q_1 są zmienne w czasie). Z tego względu staje się konieczne systematyczne analizowanie wyników rozpoznawania jakości wyrobów na poszczególnych stanowiskach kontrolnych oraz wykorzystywanie rezultatów tych analiz do oddziaływania na proces produkcyjny (tj. sterowania jakością). Dążąc do algorytmizacji postępowania i uzyskania znacznego stopnia dokładności wyników proponuje się realizację analizy wyników kontroli jakości z wykorzystaniem niżej opisaney metody, będącej rozszerzeniem metod proponowanych w teorii jakości [6, 18].

Proponowana metoda oparta jest na teorii serii [12]. Postępowanie obejmuje następujące etapy:

- a) zestawienia wyników rozpoznawania jakości i przygotowanie danych wejściowych do badania stabilności procesu kształtowania jakości w każdej fazie produkcyjnej,
- b) analiza danych i podjęcie decyzji oceniającej wyniki jakościowe procesu produkcyjnego.

W etapie pierwszym zestawiane są następujące dane:

- informacje o zastosowanej metodzie kontroli (kontrola całkowita lub rynkowa) oraz o charakterze procesu produkcyjnego (a ściślej o liczbie wyrobów podlegających rozpoznawaniu),
- informacje o charakterze rozpoznawania w danej fazie produkcyjnej (dychotomia, np. wyroby dobre i braki lub - klasyfikacja do $M > 2$ klas jakości).

Następnie zbiera się dane o jakości wytwarzanych wyrobów, a więc uzyskuje się n -elementowy ciąg wartości x_1, x_2, \dots, x_n (x_1 - numer klasy jakości 1-tego wyrobu) lub odpowiednie charakterystyki statystyczne (ciągi wartości oczekiwanych i odchyłań standardowych numeru klasy jakości, por. [9], s. 128) przy kontroli próbkowej.

Z kolei przeprowadzana jest wstępna obróbka danych. Dla przypadku danych w postaci naturalnej (ciąg x_1, x_2, \dots, x_n) oblicza się:

- liczby r_i elementów z każdej klasy jakości ($i = 1, 2, \dots, M$),
- całkowitą liczbę s serii w ciągu obserwacji, przy czym serią o długości l nazywa się ciąg wyrazów $x_{j+1}, x_{j+2}, \dots, x_{j+l}$ taki, że: $x_j \neq x_{j+1} = x_{j+2} = \dots = x_{j+l} \neq x_{j+l+1}$.

W drugim przypadku (dane uśrednione) oblicza się odpowiednie wartości mediany z próby i przekształca się wyjściowe ciągi w ciągi zero-jedynkowe, a następnie oblicza się odpowiednie liczby serii.

Etap drugi postępowania polega na zweryfikowaniu hipotezy o losowości zmian w ciągu obserwacji (wyników rozpoznawania jakości). Stwierdza się zatem, czy wyniki rozpoznawania nie wykazują pewnej systematyczności. Do weryfikacji hipotezy zerowej stosuje się test istotności oparty na rozkładzie prawdopodobieństwa liczby serii, przy czym bada się, czy zaobserwowana ogólna liczba serii nie jest zbyt mała w stosunku do oczekiwanej ilości (co świadczyłoby na niekorzyść hipotezy zerowej).

W szczególności dla przypadku dwóch klas jakości procedura jest następująca:

- obliczyć wartości prawdopodobieństwa $P(S = s)$, tj. rozkład zmiennej losowej S = całkowita liczba serii w ciągu obserwacji, zgodnie ze wzorem (6) dla wszystkich wartości s nie większych od s_0 = zaobserwowana liczba serii w ciągu:

$$P(S = s) = \begin{cases} 2 \binom{r_1-1}{\frac{n}{2}-1} \binom{r_2-1}{\frac{n}{2}-1} q_1^{r_1} q_2^{r_2} & \text{- gdy } n\text{-parzyste} \\ \left[\binom{r_1-1}{\frac{n-3}{2}} \binom{r_2-1}{\frac{n-1}{2}} + \binom{r_1-1}{\frac{n-1}{2}} \binom{r_2-1}{\frac{n-3}{2}} \right] q_1^{r_1} q_2^{r_2} & \text{- gdy nieparzyste} \end{cases} \quad (6)$$

- obliczyć $P(S \leq s)$,
- wykonać standardową procedurę testowania względem s_0 , tj. dla ustalonego poziomu istotności p obliczyć liczbę s_1 taką, że:

$$P/S \leq s_1 / \leq p \quad (7)$$

oraz jeśli $s_0 \leq s_1$, to proces kształtowania jakości w danej fazie produkcyjnej uznaje się za niestabilizowany.

Dla $r_1 > 20$ (przy dużej liczbie obserwacji) możliwe jest zastosowanie granicznego rozkładu zmiennej S ; jest to rozkład normalny:

$$N(2q_1q_2; 2[nq_1q_2(1 - 3q_1q_2)]^{1/2}) \quad (8)$$

Opisana wyżej procedura podejmowania decyzji oceniającej stopień ustabilizowania procesu kształtowania jakości jest realizowana na podstawie wyników rozpoznawania jakości, odnoszących się do jednego okresu obliczeniowego i jednej fazy produkcyjnej. Na podstawie większej liczby danych z kilku okresów obliczeniowych można przeprowadzić analizę dynamiki zmian ustabilizowania procesu w każdej fazie produkcyjnej. Należy podkreślić,

że procedura jest częściowo oprogramowana (w języku FORTRAN), a dalsze prace nad jej doskonaleniem dotyczą m.in. zwiększenia efektywności i szybkości działania oraz powiązania procedury z algorytmem sterowania jakością.

LITERATURA

- [1] BAIRD M.L., SIGHT I.: A computer vision system for automatic IC chip manufacture, IEEE Trans. Syst., Man, Cybern., vol. SMC-8, Feb. 1978.
- [2] BALAS E.: An additive algorithm for solving linear programming in zero-one variables, Opns. Res., vol. 13, 1965, p. 517.
- [3] FISZ M.: Rachunek prawdopodobieństwa i statystyka matematyczna. PWN, Warszawa 1968.
- [4] GARFINKEL R.S., NEMHAUSER G.L.: Programowanie całkowitoliczbowe. PWN, Warszawa 1978.
- [5] GRABOWSKI J.: Uogólnione zagadnienie optymalizacji kolejności operacji w dyskretnych systemach produkcyjnych, Pr. Nauk. Inst. Cybern. Techn. Pol. Wrocławska, nr 50, 1970.
- [6] GRANT E.L.: Statystyczna kontrola jakości. PWE, Warszawa 1972.
- [7] KILIŃSKI K.: Jakość. WNT, Warszawa 1979.
- [8] KOLMAN R.: Ilościowe określanie jakości. PWE, Warszawa 1973.
- [9] LUBICZ M.: Badanie przesłanek decyzyjnych kształtowania jakości wyrobów, Pr. Inst. Org. Zarządz. Politechnika Wrocławska, Raport PRE-110, 1979.
- [10] LUBICZ M.: Decision processes in product quality formation, Proceed. VI Intern. Conf. Product. Res., vol. 1, p. 493, Novi Sad 1981.
- [11] LUBICZ M.: Metoda projektowania organizacji procesu kontroli jakości [w:] Materiały konferencji "Projektowanie procesów kontroli jakości", OW NOT, Poznań 1981.
- [12] MOOD A.M.: The distribution theory of runs, Ann. Math. Stat., vol. XI, 1940, p. 367.
- [13] MUNOY J.L.: The application of syntactic pattern recognition to industrial automation, Proceed. 1978 Joint Autom. Contr. Conf., 1978, p. 315.
- [14] NAKAMURA K., EDAMATSU K., SANO Y.: Automated pattern inspection with boundary length comparison method, Proceed. 4th Intern. Joint Conf. Patt. Recogn., Kyoto 1978.
- [15] NARULA S.C., KINDORF J.R.: Linear 0-1 programming: a comparison of implicit enumeration algorithms, Comput. Opns. Res., vol. 6, 1979, p. 47.
- [16] PAU L.F.: Diagnosis of equipment failures by pattern recognition, IEEE Trans. Reliab., vol. R-23, no 3, 1974, p. 202.
- [17] PAVLIDIS T.: Application of pattern recognition to industrial inspection, Proceed. 1978 Joint Autom. Contr. Conf., 1978, p. 159.
- [18] WANG P.P.: On pattern recognition and quality control, IEEE Trans. Syst., Man, Cybern., July 1975, p. 470.

Recenzent: Prof. dr inż. Henryk KOWALOWSKI

Wpłynęło do Redakcji 15.05.1982 r.

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА В АВТОМАТИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМАХ

Р е з ю м е

Работа касается теоритических основ автоматизации контроля качества в дискретных производственных системах. Принято, что контроль качества заключается в проведении описания и оценке качества промышленных изделий, а также принятия решения относительно необходимого будущего порядка действий (управления качеством).

В работе рассматриваются проблемы проектирования организации процесса контроля качества а также автоматизации и алгоритмизации контроля качества.

QUALITY INSPECTION IN AUTOMATED PRODUCTION SYSTEMS

S u m m a r y

This paper concerns the theoretical foundations of quality inspection automation in discrete production processes. It is assumed, that the essence of quality inspection is in: describing the quality of products as well as planning the necessary future action. Precise mathematical models are given and proposed solution proceddures are discussed.