

GRZEGORZ SOWA

Katedra Urządzeń i Układów Automatyki

PRÓBA USTALENIA PROGRAMU IDENTYFIKACJI WYTOPÓW DLA STEROWANIA
PROCESEM MARTENOWSKIM

Streszczenie. W artykule przedstawiono zastosowanie procesów uczenia dla tworzenia matematycznego modelu procesu technologicznego. Opracowano program ustalenia optymalnego przebiegu procesu wytapiania stali w piecu martenowskim. Przedstawiono algorytm identyfikacji wytopów oraz wskazano możliwości sterowania procesem martenowskim.

1. Wprowadzenie

Jednym z bardziej złożonych procesów metalurgicznych jest proces wytapiania stali w piecu martenowskim. Wielokrotnie przeprowadzone próby ścisłego opisanie procesu w celu stworzenia modelu fizyko-chemicznego. Próby te doprowadziły do budowy modeli niepełnych, jak np. model obliczania wsadu dla zadanego gatunku stali [5, 6] i schematyczny model prowadzenia wytopu. Jednakże modele fizyko-chemiczne obejmujące kompleksowo wszystkie zjawiska procesu wytapiania stali okazały się zawodnymi. Badania statystyczne wytopów kontrolnych w oparciu o model fizyko-chemiczny zawsze wykazują duże odchyłki reakcji modelu od rzeczywistości. Odchyłki te wynikają z niepełności bilansów energetycznych i materiałowych oraz z faktu występowania różnorodnych zakłóceń. Także trudności pomiaru poszczególnych parametrów (istnieje szereg parametrów niemierzalnych lub takich, dla których metody pomiarowe są niewystarczająco dokładne) nie pozwalają na pełną definicję zjawisk zachodzących w procesie martenowskim.

Zadania układów sterowania procesem martenowskim mogą być efektywnie zrealizowane jedynie po uprzednim stworzeniu elastycznego modelu procesu. Zarówno model procesu, jak i algorytm

identyfikacji procesu, a następnie jego sterowania mogą być zrealizowane w oparciu o zastosowanie procesów uczenia się i rozpoznawania.

Koncepcja zastosowania procesów uczenia się i rozpoznawania w układach sterowania, ma swe źródło w badaniach zachowania się istot żywych, szczególnie przy rozpoznawaniu obrazów. Praktyczne sukcesy eksperymentów stosowania algorytmów rozpoznawania obrazów oraz podobieństwo zadań rozpoznawania kształtu i pewnych zadań sterowania procesami technologicznymi, stworzyły podstawy zastosowania metod statystycznego uczenia i rozpoznawania do praktycznej identyfikacji sytuacji technologicznych charakteryzujących się dużą ilością parametrów oraz przypadkowością stanów obiektów i zakłóceń.

Ze względu na skomplikowaną procedurę obliczeniową wymaganą w wymienionych metodach przy praktycznych ich zastosowaniach, konieczny jest udział maszyn cyfrowych. Maszyna cyfrowa może być stosowana jako integralna część układu sterowania, przetwarzając wielkie ilości danych oraz realizując złożone zasady sterowania.

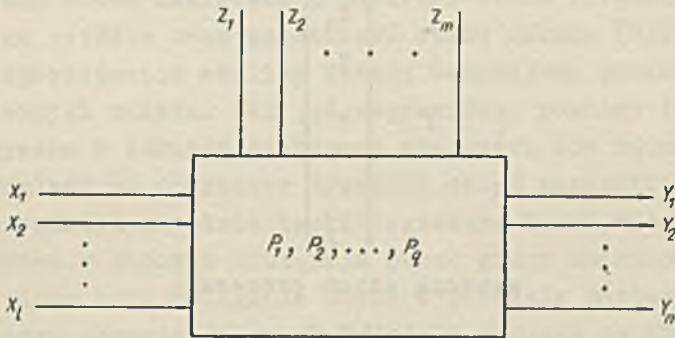
Podstawowym zadaniem sterowania procesem martenskim jest uzyskanie "wytopu trafionego" tj. wytopu o żądanym składzie chemicznym i wskaźnikach wytrzymałościowych przy założonych kryteriach optymalności procesu (kryterium wydajności, kryterium ekonomiczne). Niniejszy artykuł stanowi próbę opracowania programu ustalenia optymalnego przebiegu procesu, a następnie identyfikacji wytopów w czasie ich trwania, za pomocą algorytmów i programów maszyny cyfrowej.

2. Opis zmiennych

Dla uzyskania pełnego obrazu procesu należy stworzyć układ zmiennych opisujących proces. Z reguły jest to układ bardzo obszerny zawierający parametry (zmiennie) o różnych przebiegach zmian. Są to: a) parametry wolnozmiennie, dla scharakteryzowania których wystarczą pomiary o pewien okres, b) parametry szybkozmiennie, dla scharakteryzowania których konieczne są pomiary częste lub nawet ciągłe, c) parametry występujące tylko w danej fazie procesu lub o pewien okres.

Nie wszystkie zmienne są dostępne pomiarowo; zajmiemy się tylko parametrami mierzalnymi. Zbiór zmiennych mierzalnych charakteryzujących układ podzielimy na (rys. 1):

- 1) zmienne wejściowe X_1, X_2, \dots, X_l , przedstawiające sygnały wytwarzane poza opisywanym układem lecz kontrolowane w procesie,
- 2) zmienne zakłócające Z_1, Z_2, \dots, Z_m przedstawiające sygnały powstałe poza układem, niezależne od działania układu i zniekształcające bieg procesu,



Rys. 1. Układ zmiennych

- 3) zmienne wyjściowe Y_1, Y_2, \dots, Y_n opisujące ostateczne odpowiedzi układu na sygnały wejściowe i zakłócające,
- 4) zmienne pośrednie (zmienne stanu procesu) P_1, P_2, \dots, P_q opisujące dynamiczne zmiany stanu układu (opisujące przejście sygnału od wejścia do wyjścia układu).

Przedstawmy wymienione zbiory w postaci wektorowej [2] za pomocą:

wektora stanu wejścia

$$X = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ X_l \end{bmatrix}$$

wektora stanu zakłóceń

$$Z = \begin{bmatrix} Z_1 \\ Z_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ Z_m \end{bmatrix}$$

wektora stanu wyjścia

$$Y = \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ Y_n \end{bmatrix}$$

oraz

wektora stanu procesu

$$P = \begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ P_q \end{bmatrix}$$

Wymienione cztery wektory definiują wektor stanu układu

$$V = \begin{bmatrix} X \\ Z \\ Y \\ P \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ V_x \end{bmatrix}$$

gdzie: $r = l + m + n + q$

$$V_1 = X_1, V_2 = X_2 \dots V_l = X_l, V_{l+1} = Z_1 \dots V_{l+m} = Z_m, \\ V_{l+m+1} = Y_1 \dots V_r = P_q$$

Dla danego obiektu (procesu) wektor stanu układu może być definiowany w różny sposób, zależnie od funkcji układu sterowania, od natury zmiennych stanu i od możliwości pomiarowych zmiennych stanu.

Zbiór wszystkich możliwych wartości wektora stanu wejścia w chwili t stanowi przestrzeń stanu wejścia; podobnie definiujemy przestrzeń stanu zakłóceń, przestrzeń stanu procesu, przestrzeń stanu wyjścia oraz przestrzeń stanu układu [2].

Dla przeprowadzenia analizy układu dokonujemy pomiarów wszystkich zmiennych układu. Jak już wspomniano, pomiary te są na ogół dokonywane w różnych odstępach czasowych dla różnych zmiennych (ze względu na charakter dynamiki zmian parametrów). Ponieważ w rzeczywistym procesie technologicznym można wyodrębnić okresy czasowe w których występują pewne grupy zmiennych (np. ładowanie pieca albo ściąganie żuźla w procesie martenowskim) w proponowanym obrazie dokonamy podziału procesu na fazy czasowe (podział ten jest ściśle związany z technologią). Wektor stanu wejścia we wszystkich fazach będzie zmienił ilość swoich składowych, podobnie jak i wektory stanu wyjścia i stanu procesu, jednakże ilość ta będzie dla poszczególnych faz ściśle określona. Natomiast ilość składowych wektora zakłóceń dla wszystkich faz procesu jest przypadkowa.

Wektor stanu układu dla i -tej fazy nazwiemy wektorem stanu i -tej fazy i oznaczymy

$$V_i \begin{bmatrix} V_{i1} \\ V_{i2} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ V_{ir} \end{bmatrix}$$

przy czym niektóre ze składowych V_{11} , V_{21} , ... V_{r1} mogą nie występować, w zależności od podziału na fazy i od częstości pomiarów składowych.

Opis procesu martenowskiego

W procesie martenowskim wyróżnić możemy następujące fazy [5]:

- fazę 1 - okres napraw pospustowych
- fazę 2 - ładowanie wsadu
- fazę 3 - okres po roztopieniu wsadu
- fazę 4 - intensywne świeżenia
- fazę 5 - okres spokojnego gotowania
- fazę 6 - wykańczanie wytopu
- fazę 7 - spust i rozlewanie
- fazę 8 - określenie parametrów końcowych.

Jednym z zasadniczych celów procesu sterowania wytopem jest otrzymanie stali żądanego gatunku. Gatunek stali przedstawiony będzie przez wektor stanu fazy 8 (wyrobu końcowego). Wektor ten będzie składał się tylko ze zmiennych wyjścia, opisujących ostateczny skład chemiczny i wytrzymałość stali. Przykładowo, dla produkcji jednej z hut wektor ten posiada 12 składowych

$$Y_8 = \begin{bmatrix} Y_{1,8} \\ Y_{2,8} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ Y_{12,8} \end{bmatrix}$$

gdzie poszczególne składowe przedstawiają:

- $Y_{1,8}$ - zawartość C w stali
- $Y_{2,8}$ - zawartość Mn w stali
- $Y_{3,8}$ - zawartość Si w stali
- $Y_{4,8}$ - zawartość P w stali
- $Y_{5,8}$ - zawartość S w stali

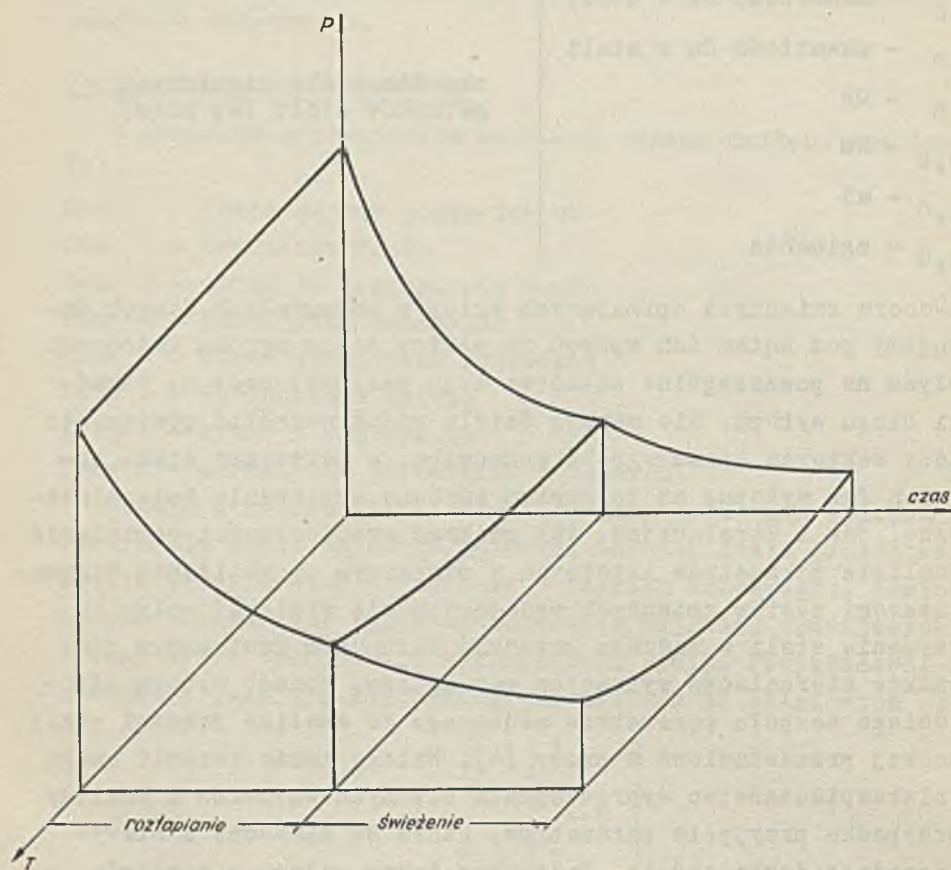
określone dla wszystkich gatunków stali (wg norm)

- $Y_{6,8}$ - zawartość Cr w stali
- $Y_{7,8}$ - zawartość Ni w stali
- $Y_{8,8}$ - zawartość Cu w stali
- $Y_{9,8}$ - Qr
- $Y_{10,8}$ - Rm
- $Y_{11,8}$ - a5
- $Y_{12,8}$ - zginanie

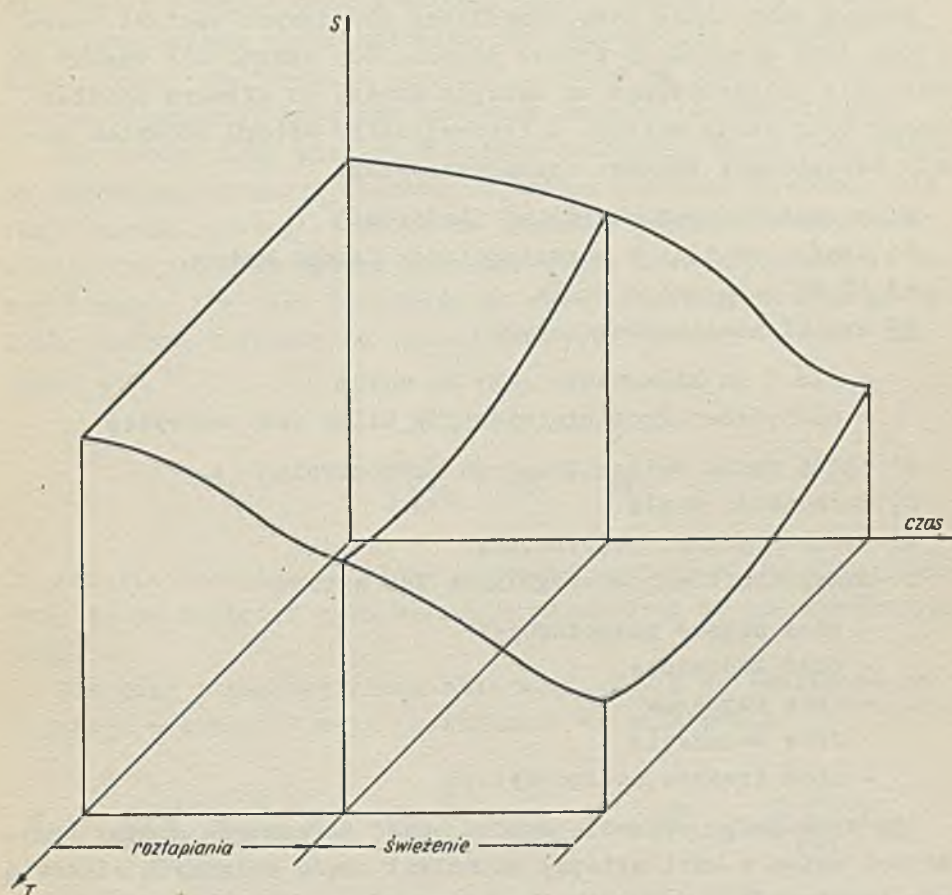
określone dla niektórych gatunków stali (wg norm)

Doboru zmiennych opisujących wytop w pozostałych fazach dokonujemy pod kątem ich wpływu na wektor stanu wyrobu końcowego (wpływu na poszczególne składowe tego wektora) oraz na wskaźniki biegu wytopu. Nie zawsze ściśle można określić powiązania między wektorem stanu wyrobu końcowego, a wektorami stanu kolejnych faz wytopu; są to bowiem zarówno powiązania deterministyczne, jak i korelacyjne. Aby uniknąć ewentualności pominięcia w analizie parametrów istotnych w pierwszym przybliżeniu bierzemy szeroki zestaw zmiennych wydających się wywierać wpływ na otrzymanie stali w żądanym gatunku. Warunkiem koniecznym jest jednakże mierzalność wybranych parametrów. Sposób wyboru odpowiedniego zespołu parametrów służącego do analizy jakości stali szynowej przedstawiono w pracy [4]. Należy także zwrócić uwagę na niebezpieczeństwo wyprowadzania błędnych wniosków z analizy w przypadku przyjęcia parametrów, które są mierzone z niewystarczającą dokładnością. Parametry takie należy w analizie pominąć lub jeśli ich wpływ na proces wydaje się być wysoce istotny, należy poprawić dokładność pomiaru.

W procesie martenowskim, jak w każdym innym złożonym procesie technologicznym, występuje szereg powiązań między parametrami. Są to zależności funkcyjne a także zależności stochastyczne. Jedne z tych zależności są nam znane, jak np. zmiany zawartości P w stali w trakcie trwania wytopu w zależności od temperatury (rys. 2) i zmiany zawartości S w stali w trakcie trwania wytopu w zależności od temperatury (rys. 3). Dla innych będziemy powiązania te wyznaczać metodami matematyki statystycznej, traktując parametry składowe wektora stanu



Rys. 2. Zależność zawartości fosforu w stali od temperatury w trakcie trwania wytopu



Rys. 3. Zależność zawartości siarki w stali od temperatury w trakcie trwania wytopu

układu (wektor ten nazywać będziemy wektorem stanu wytopu) jako zmienne losowe, a zbiory ich wartości jako próby losowe poszczególnych populacji generalnych [7].

Ważnym czynnikiem przy określaniu składowych wektora stanu wytopu jest dostępność źródeł danych. Gdy oprzeć się musimy na materiale statystycznym za ubiegły okres, to głównym źródłem danych będą karty wytopu. Z typowej karty wytopu odczytać możemy następujące zmienne opisujące wytop:

- a) materiały wsadowe (tylko ilościowo)
- b) ilość dodatków w poszczególnych fazach wytopu
- c) ilość ściąganego żużla
- d) wyniki analiz chemicznych
 - dla C do kilkunastu razy za wytop
 - dla pozostałych pierwiastków kilka razy na wytop
- e) ilość żużla ściągniętego po roztopieniu
- f) zasadowość żużla
- g) wyniki pomiaru temperatury
- h) czasy trwania poszczególnych faz wytopu
 - czas napraw pospustowych
 - czas ładowania
 - czas topienia
 - czas świeżenia
 - czas trwania całego wytopu

Dla obrazowego opisanie wytopu część parametrów możemy przyjąć bez zmian z kart wytopu, natomiast część zmiennych stanowić będą przetworzone parametry z karty wytopu (np. duży wpływ na jakość stali mają prędkości wypalania węgla, które możemy wyliczyć na podstawie zależności czasowych i wyników analiz zawartości węgla w stali). Wstępne przetwarzanie danych pozwala nam także na ograniczenie ilości parametrów koniecznych do analizy procesu (parametrów wyznaczających model procesu).

3. Ustalenie modelu przebiegu procesu. Proces uczenia

Na podstawie zgromadzonych np. z kart wytopu danych statystycznych przystąpić możemy do tworzenia matematycznego (w sensie statystycznym) modelu wytopu. Model składał się będzie z średnich obrazów wyodrębnionych faz (przekrojów czasowych) wytopu. Proces znajdowania średnich obrazów na podstawie jednostkowych obserwacji nazwiemy procesem uczenia się modelu [1].

Dla każdej fazy procesu dokonamy podziału przestrzeni stanu na podzbiory sytuacji sterowania, które nazwiemy klasami. Dla fazy wyrobu gotowego będą to na przykład gatunki stali. Każdy wektor fazy danego wytopu będziemy mogli zakwalifikować do danej klasy o ile jego odległość od wektora reprezentującego tę klasę będzie mniejsza od pewnej przyjętej liczby S , tzn. dla klasy A

$$d_1(X, A) = \sqrt{\sum_{k=1}^r (v_{k1A} - v_{k1X})^2} < S$$

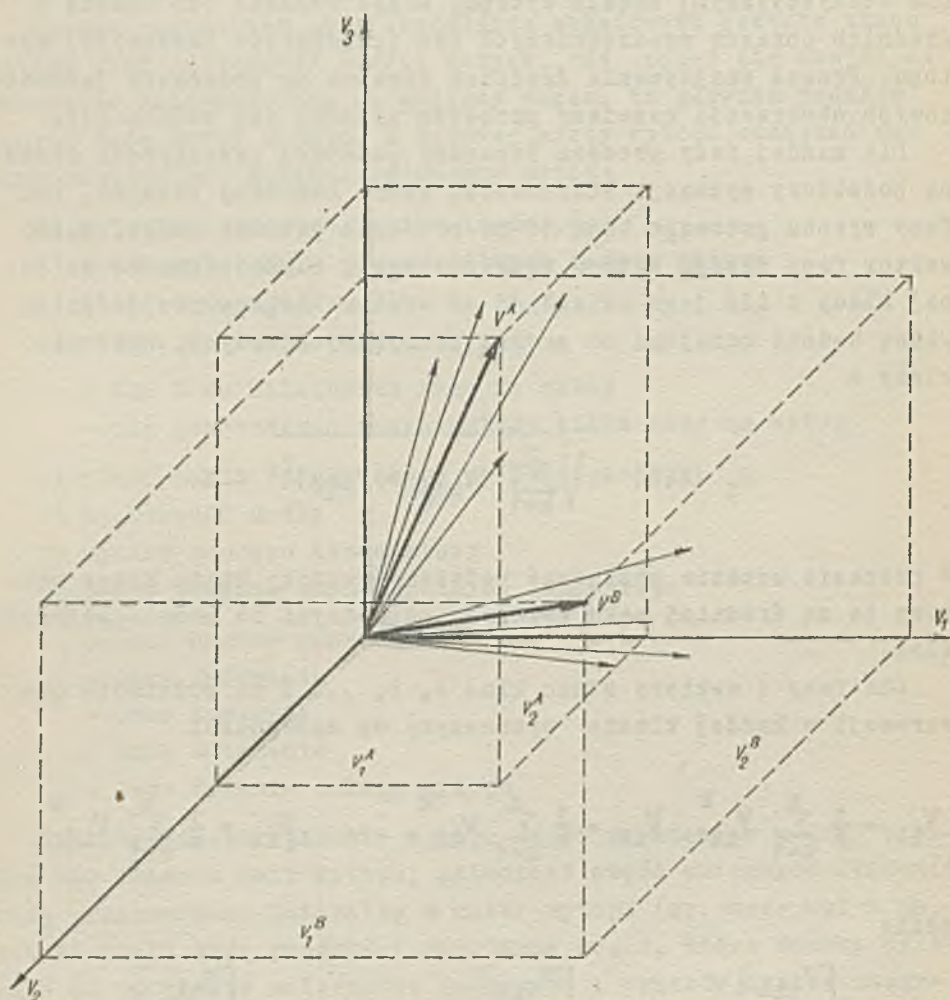
W procesie uczenia wyznaczać będziemy wektory stanu klas; wektory te są średnimi pęku wektorów należącymi do poszczególnych klas.

Dla fazy 1 wektory stanu klas A, B, \dots, Z na podstawie obserwacji w każdej klasie wyznaczymy wg zależności

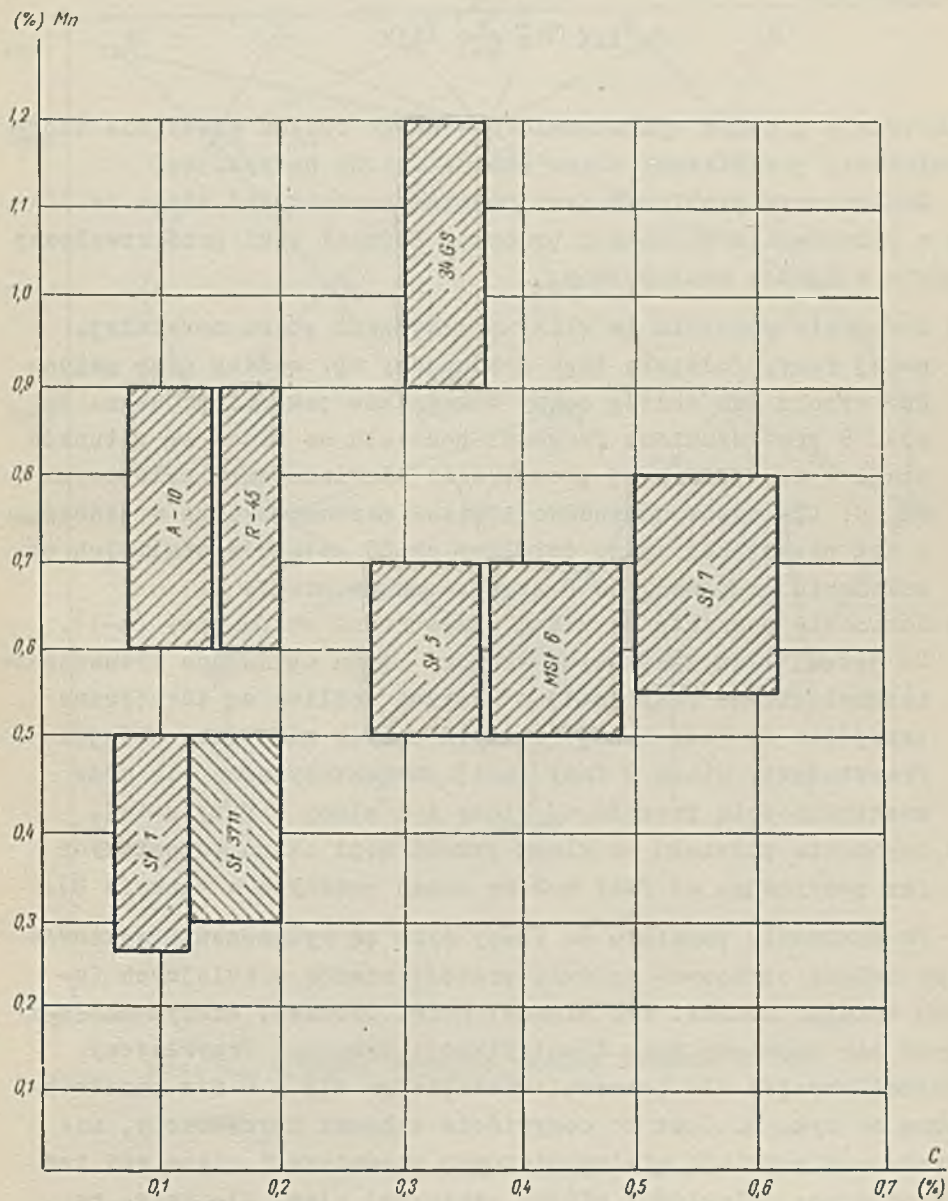
$$V_{1A} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n V_{1A}^k, \quad V_{1B} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n V_{1B}^k, \quad \dots, \quad V_{1Z} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n V_{1Z}^k$$

gdzie

$$V_{1A} = \begin{bmatrix} V_{11A} \\ V_{21A} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ V_{r1A} \end{bmatrix}, \quad V_{1B} = \begin{bmatrix} V_{11B} \\ V_{21B} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ V_{r1B} \end{bmatrix}, \quad \dots, \quad V_{1Z} = \begin{bmatrix} V_{11Z} \\ V_{21Z} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ V_{r1Z} \end{bmatrix}$$



Rys. 4. Średni obraz klasy dla trójwymiarowych wektorów stanu



Rys. 5. Podział stali na klasy w układzie dwuwymiarowym Mn, C

a składowe

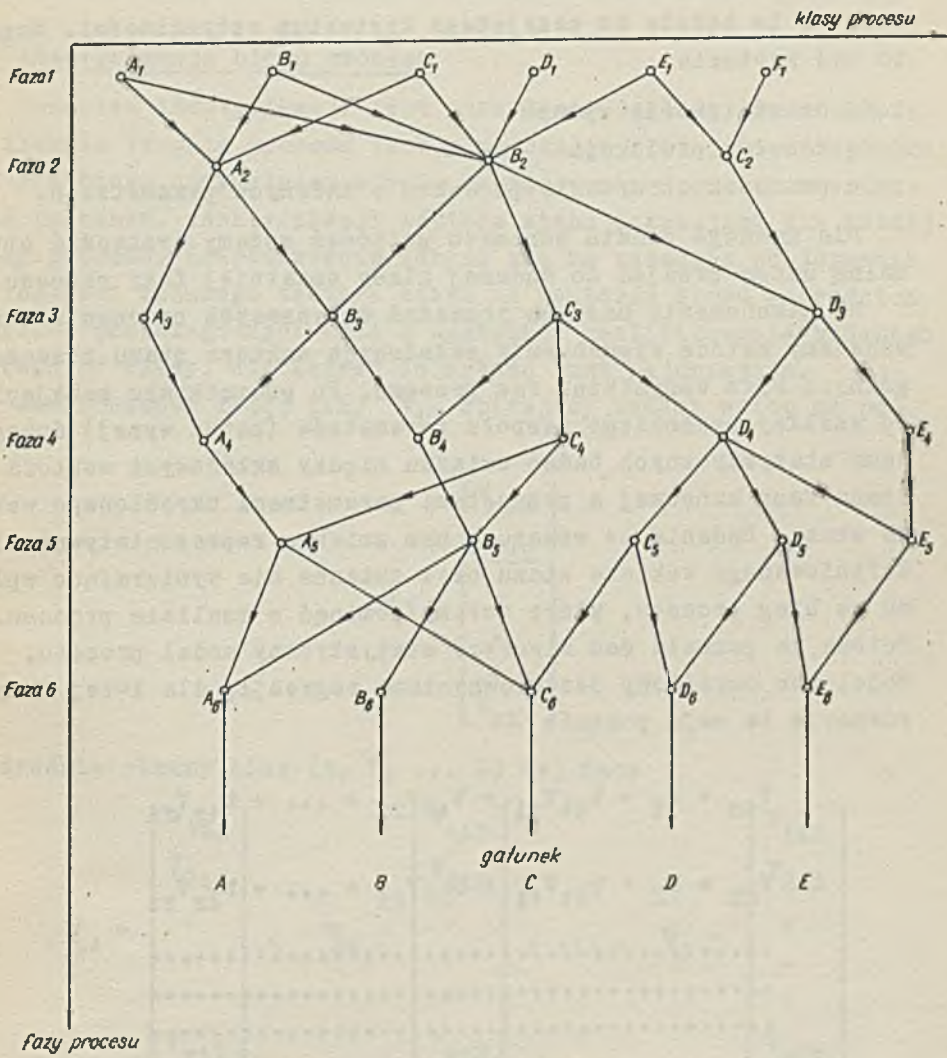
$$V_{liX} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n V_{liX}^k$$

Ilustrację procesu wyznaczania średniego obrazu klasy dla trójwymiarowej przestrzeni stanu przedstawiono na rys. 4.

Zasadniczym problemem jest podział przestrzeni stanu na klasy w poszczególnych fazach procesu. Podział taki przeprowadzany będzie w sposób następujący:

- a) dokonanie podziału na klasy przestrzeni stanu ostatniej, n-tej fazy. Podziału tego dokonujemy np. według grup gatunków wyrobu lub według oceny wskaźników jakości procesu. Na rys. 5 przedstawiono fragment podziału na klasy wg gatunków stali w dwuwymiarowej przestrzeni zdefiniowanej składowymi Mn, C. Dla typowej produkcji pieca martenowskiego w jednej z hut przestrzeń stanu dzielimy na 60 gatunków stali lub, po dokonaniu grupowań, na 9 grup gatunków stali,
- b) dokonanie podziału na klasy przestrzeni stanu fazy (n-1). Do jednej klasy zaliczymy wektory stanu opisujące sytuacje technologiczne fazy (n-1) z których możliwe są identyczne przejścia do fazy n-tej (do tych samych klas fazy n-tej). Przykładowo, klasa B fazy (n-1) charakteryzować się może ewentualnością przejść do klasy A i klasy C fazy n-tej,
- c) dokonanie podziału na klasy przestrzeni stanu pozostałych faz poczynając od fazy n-2 wg zasad podanych w punkcie b).

Po dokonaniu podziału na klasy oraz po wyznaczeniu wektorów klas możemy opracować schemat przejść stanów w kolejnych fazach wytopu. Schemat ten stanowi model procesu, którym posługiwać się będziemy przy identyfikacji procesu. Przykładowy schemat przejść dla procesu składającego się z 6 faz przedstawiono na rys. 6. Jest to oczywiście schemat uproszczony, nie obrazujący podziału wielowymiarowej przestrzeni stanu ani też nie oddający odległości między wektorami klas. Ale także na takim uproszczonym schemacie określić można możliwe warianty



Rys. 6. Schemat przejść między fazami wytopu

przebiegu procesu od fazy pierwszej do ostatniej. Który z tych wariantów będzie optymalny?

Zależać to będzie od przyjętego kryterium optymalności. Mogą to być kryteria

- czasu trwania wytopu
- kosztów produkcji
- pewności otrzymania produktu o żądanych parametrach.

Dla każdego punktu schematu połączeń możemy wyznaczyć optymalną drogę przejść do żądanej klasy ostatniej fazy procesu.

Na zakończenie naszych rozważań dotyczących procesu uczenia wskażemy metodę wyznaczania składowych wektora stanu poszczególnych klas wszystkich faz procesu. Po początkowym przyjęciu do analizy szerokiego zespołu parametrów (patrz wyżej) dokonujemy statystycznych badań związku między składowymi wektora stanu fazy końcowej a przyjętymi parametrami określonego wektora stanu. Badania te wskazują nam zmienne reprezentatywne dla definiowanego wektora stanu oraz zmienne nie wywierające wpływu na bieg procesu, które możemy pominąć w analizie procesu. Metoda ta pozwala nam stworzyć statystyczny model procesu. Model ten określony jest równaniami regresji; dla 1-tej fazy równania te mają postać:

$$V_{1n} = b_1 + b_{11}V_{11} + b_{12}V_{21} + \dots + b_{1r}V_{r1}$$

$$V_{2n} = b_2 + b_{21}V_{11} + b_{22}V_{21} + \dots + b_{2r}V_{r1}$$

.....

$$V_{rn} = b_r + b_{r1}V_{11} + b_{r2}V_{21} + \dots + b_{rr}V_{r1}$$

gdzie b są to cząstkowe współczynniki regresji wyznaczone wg znanych wzorów statystyki matematycznej [7]

Model wskazuje istotne powiązania między zmiennymi procesu i eliminuje wpływ zakłóceń występujących systematycznie. Utwo-

rzenie wiarygodnego modelu statystycznego jest możliwe po przetworzeniu dużej ilości danych opisujących wytopy.

4. Identyfikacja biegu procesu

Zadaniem identyfikacji jest określanie wektora stanu układu w trakcie trwania procesu technologicznego oraz jego odległości od przebiegu optymalnego w celu wypracowania sygnałów sterowania procesem. Identyfikacji wektora stanu dokonujemy dla każdej fazy procesu. Rozpoznawanie odbywa się na zasadzie znajdowania odległości badanego wektora stanu od wektorów stanu - średnich obrazów poszczególnych klas i następnie kwalifikowania badanego wytopu do klasy, dla której odległość jest najmniejsza.

Jeśli wektor i -tej fazy V_{iX} opisujący badany wytop ma postać

$$V_{iX} = \begin{bmatrix} V_{11X} \\ V_{21X} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ V_{r1X} \end{bmatrix}$$

a średnie obrazy klas (A, B, ... Z) tej fazy

$$V_{iA} = \begin{bmatrix} V_{11A} \\ V_{21A} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ V_{r1A} \end{bmatrix}, \quad V_{iB} = \begin{bmatrix} V_{11B} \\ V_{21B} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ V_{r1B} \end{bmatrix}, \quad \dots, \quad V_{iZ} = \begin{bmatrix} V_{11Z} \\ V_{21Z} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ V_{r1Z} \end{bmatrix}$$

to odległość między V_{iX} a wektorami V_{iA} , V_{iB} , ..., V_{iZ} wyznaczamy według zależności

$$d_1(A, X) = \sqrt{\sum_{k=1}^r (v_{k1A} - v_{k1X})^2}$$

$$d_1 (B, X) = \sqrt{\sum_{k=1}^r (v_{k1B} - v_{k1X})^2}$$

.....

$$d_1 (Z, X) = \sqrt{\sum_{k=1}^r (v_{k1Z} - v_{k1X})^2}$$

Z otrzymanego zbioru odległości wybieramy liczbę najmniejszą

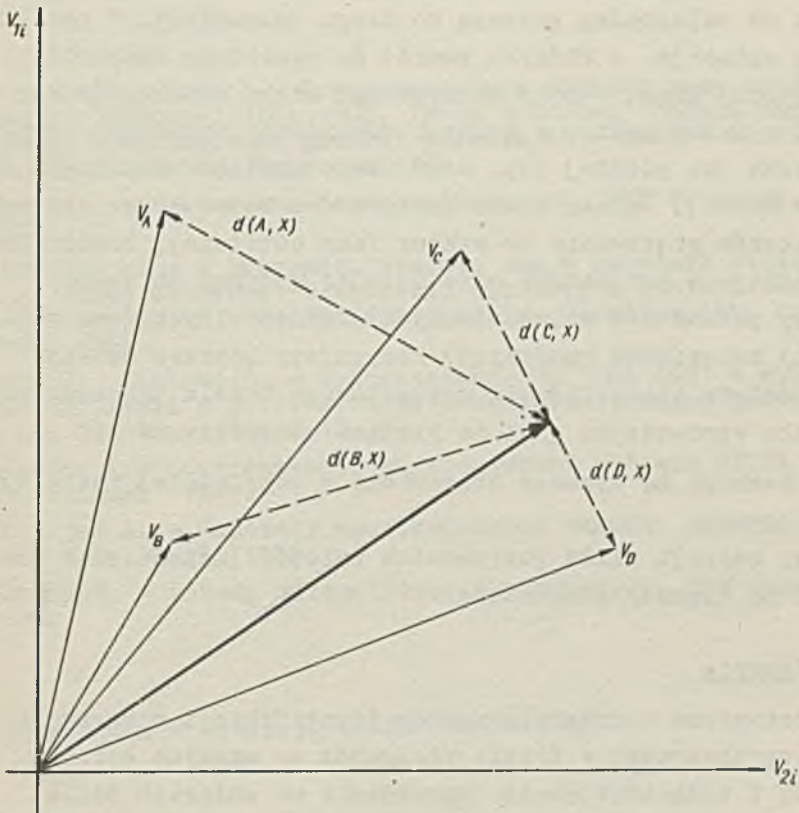
$$d_{1\min} = \min \{d_1 (A, X), d_1 (B, X), \dots, d_1 (Z, X)\}$$

i na tej podstawie kwalifikujemy wektor stanu wytopu do klasy, której ta minimalna odległość jest przyporządkowana.

Geometryczną interpretację procesu rozpoznawania przedstawiono dla przestrzeni dwuwymiarowej na rys. 7. W przykładzie tym następuje zakwalifikowanie nieznanego wektora X do klasy D .

Po zakwalifikowaniu wytopu do jednej z klas wybieramy, wg modelu przejść, optymalną drogę przejścia do żądanej klasy fazy ostatniej, a w przypadku odchylenia od przebiegu optymalnego - drogę powrotu do tego przebiegu. Na tym kończy się funkcja procesu rozpoznawania dla danej fazy. Na podstawie informacji uzyskanych w procesie identyfikacji układ sterowania wypracowuje wektor sterowania, którego składowe należą do zbioru składowych wektora wejściowego dla badanej i następnej fazy procesu. Układ sterowania także będzie korzystał z modelu wzajemnych powiązań między parametrami wyznaczonego w procesie uczenia.

Wektor sterowania wyznaczany będzie kolejno dla wszystkich faz procesu, (składowe tego wektora zmieniają się), aż do fazy ostatniej. O ile wyniknie sytuacja sterowania, a której nie istnieje droga przejścia do żądanej klasy ostatniej fazy procesu układ sterowania podejmuje decyzję prowadzenia proce-



Rys. 7. Geometryczna interpretacja procesu rozpoznawania

su optymalną drogą do innej wybranej klasy wyrobu końcowego (np. gatunek zbliżony do zadanego lub gatunek "rezerwowy"). Wektor sterowania w trakcie procesu definiowany będzie w zależności od odległości procesu do drogi optymalnej. W procesie istnieją sytuacje, w których powrót do przebiegu optymalnego może nastąpić drogą zmiany jednego lub kilku parametrów wejściowych a także takie, w których odchylenia wygodniej korygować kilka faz później (np. w procesie martenowskim przez dodatki do kadzi). Należy także każdorazowo badać wpływ wyznaczonych wektorów sterowania na wektor fazy ostatniej, bowiem korekta jednego z parametrów może ujemnie wpłynąć na inny.

Wpływy parametrów wolnozmiennych niemierzalnych (np. skład chemiczny materiałów wsadowych) korygujemy poprzez zmiany współczynników statystycznie wyznaczonego modelu procesu; korekta taka wprowadzana jest na bieżąco na podstawie

- oceny reakcji na sygnały sterowania w poprzedniej fazie wytopu
- analizy reakcji kilku poprzednich wytopów (uśrednienie reakcji) na sygnały sterowania.

5. Zakończenie

Przedstawione w artykule metody identyfikacji procesu są obecnie opracowywane w formie programów na maszynę cyfrową ODRA 1003 i będą praktycznie sprawdzane na zbiorach danych uzyskanych z kart wytopów. Po ustaleniu modelu procesu martenowskiego przeprowadzane będą próbne rozpoznania na zbiorach danych z bieżącej produkcji stalowni martenowskiej, a następnie próby kierowania wytopem.

Celem, który chcemy uzyskać przez wprowadzenie do nadzoru pracy pieca metod rozpoznawania statystycznego jest zmniejszenie ilości wytopów nietrafionych. Nie liczymy na szybki sukces. Należy bowiem pamiętać, że proces martenowski jest procesem bardzo złożonym i trudnym do zmodelowania matematycznego nawet w sensie statystycznym. Także mała pojemność m.c. ODRA 1003 wskazuje na konieczność zastosowania do celów pełnej identyfikacji procesu martenowskiego maszyny innej, charakte-

ryzującej się przede wszystkim dużą pojemnością pamięci i możliwością bezpośredniej współpracy z obiektem.

LITERATURA

- [1] Węgrzyn S., Sowa G. - O rozpoznawaniu obrazów przy pomocy maszyny cyfrowej ODRA 1003. Praca zbiorowa "Uczące się automaty i biologiczne procesy percepcji" - Zakład Narodowy im. Ossolińskich, Warszawa 1966.
- [2] Tou J.T. - Nowoczesna teoria sterowania. WNT Warszawa, 1967.
- [3] Straszak A. - O procesach uczenia się w układach sterowania. Praca zbiorowa "Uczące się automaty i biologiczne procesy percepcji" - Zakład Narodowy im. Ossolińskich, Warszawa 1966.
- [4] Sowa G., Miziowa L. - Wykorzystanie MC ODRA 1003 w systemie zbierania i przetwarzania parametrów procesu produkcji szyn. Hutnik, 1968 nr 12.
- [5] Morozow A. - Sowremiennyj martienowskij process GNTIL - Swierdłowski 1961.
- [6] Bigiejew A. - Rasozoty martienowskich plawok. Izdatielstwo Metallurgia 1966.
- [7] Cramer H. - Metody matematyczne w statystyce. PWN Warszawa 1958.

Rękopis złożono w Redakcji w dniu 30.IX.1968 r.

ПОПЫТКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОГРАММЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА
СТАЛИ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ МОРТЕНОВСКОЙ ПЕЧЬЮ

Р е з ю м е

В статье представлено применение процессов учения для создания математического модели технологического процесса. Сделано программу определения оптимального хода процесса производства стали в мартеновской печи. Представлено алгоритм идентификации плавок а также указано возможность управления мартеновском процессам.

A DETERMINATION OF THE PROGRAMME OF IDENTIFICATION FOR
THE OPEN-HEARTH PROCESS CONTROLL

S u m m a r y

In this article the application of learning process for the formation of a mathematical model of the fabricating process, was presented. A programme for the determination of the optimal steel smelting process run in the open - hearth furnace, was elaborated. The identification algorithm of the melts was presented and the possible open-hearth process control was indicated too.