ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1980
Seria: AUTOMATYKA z. 55 Nr kol. 651

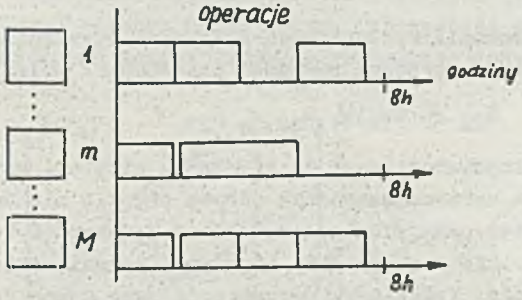
Jan Kałuski
Politechnika Śląska

PROBABILISTYCZNE MODELE OCENY HARMONOGRAMOWANIA CIĘCIA BLACH NA NOŻYCACH GILOTYNOWYCH

Streszczenie. W pracy zaproponowano i przeanalizowano probabilistyczne modele analizy strat, wynikających ze stosowania różnych strategii harmonogramowania cięcia blach karoseryjnych na nożycach gilotynowych w FSM-Tychy. Rozważono modele, dotyczące dwu strategii harmonogramowania: pierwszą - uwzględniającą możliwość zaistnienia awarii nożyc i drugą - nie uwzględniającą tej możliwości. Podano wzory na obliczenie strat średnich, odpowiadających rozważanym strategiom dla różnych zaproponowanych modeli.

1. Wstęp

Rozważmy linię M-nożyc gilotynowych do cięcia blach karoseryjnych z przykładowym harmonogramem czasowym pracy dla poszczególnych nożyc /rys.1/. Harmonogram taki pokazuje rozdział 8 godz. czasu pracy, ze względu na wykrawanie przygotówek, na poszczególnych nożycach. Pozwala on, w oparciu o czasy normatywne przeznaczone na różne operacje cięć, optymalnie zużytkować czas pracy zespołu M nożyc [1].



Rys. 1. Przykładowy harmonogram czasu pracy na M nożycach

Ośmiogodzinny czas pracy nie jest wykorzystany w 100 % /widać to na rys.1/ ze względu chociażby na czasy normatywne, niezbędne przestoje na oczekiwanie materiału do cięcia, czasu zapasowego wynikającego z niemożności idealnego skorygowania pracy M nożyc wykonujących w sumie N operacji cięcia, które nie zawsze odbywają się równolegle.

Obecnie przy harmonogramowaniu cięcia blach karoseryjnych na krajalni nie uwzględnia się możliwości zaistnienia awarii nożyc, a co z tym się łączy - potrzeby usunięcia tej awarii.

Jest oczywiste, że jakiekolwiek harmonogramowanie czasu pracy M nożyc wiąże się z określonymi stratami S wyrażonymi w jednostkach wyrobów lub pieniężnych. Dla celów analizy niezbędna jest umiejętność ich oszacowania.

W dalszej części pracy zostaną rozważone dwie strategie harmonogramowania: pierwsza - uwzględniająca możliwość wystąpienia awarii i konieczność naprawy i druga - nie uwzględniająca możliwości wystąpienia awarii, oraz różne modele probabilistyczne, umożliwiające ocenę strat średnich, wynikające ze stosowania obu strategii.

2. Strategie, sytuacje i straty

Rozważmy ogólnie możliwe sytuacje przy harmonogramowaniu według dwóch wymienionych strategii.

	awaria i naprawa WYSTĄPIŁA	awaria i naprawa NIE WYSTĄPIŁA
STRATEGIA I	Sytuacja 1 Straty S_{11}	Sytuacja 2 Straty S_{12}
STRATEGIA II	Sytuacja 3 Straty S_{21}	Sytuacja 4 Straty S_{22}

Rys. 2. Strategie, sytuacje i straty - koncepcja 1

Z analizy harmonogramowania według dwóch opisanych strategii wynika, że między poszczególnymi stratami zachodzi następująca relacja:

$$S_{22} < S_{11} < S_{12} < S_{21} \qquad /1/$$

Straty S_{22} są minimalnymi możliwymi do uzyskania stratami, gdyż dotyczą idealnego przypadku - harmonogramowanie odbywa się dla nie uszkadzających się nożyc. Straty w tym przypadku nie zależą od sprawności technicznej nożyc i mogą być dowolnie zmniejszane, a jedynym ograniczeniem, oprócz wymienionych we wstępie formalnych ograniczeń, jest wymóg dotyczący określonej jakości cięcia. Z tego też względu $S_{22} > 0$.

Maksymalne straty S_{21} są wynikiem zaistnienia awarii przy jej nieuwzględnieniu podczas harmonogramowania.

Należy zwrócić uwagę, że i straty minimalne S_{22} i straty maksymalne S_{21} powstają w wyniku stosowania 2 strategii, tj. strategii nie uwzględniającej możliwości zaistnienia awarii.

Jeżeli chodzi o straty S_{11} i S_{12}, to ich wielkość w dużej mierze zależy od stopnia asekuracji przy harmonogramowaniu wobec możliwości wystąpienia awarii i następnie usunięcia tej awarii. Decydujące

znaczenie będzie tu miała rzetelność informacji dotycząca niezawodnościowych charakterystyk poszczególnych nożyc.

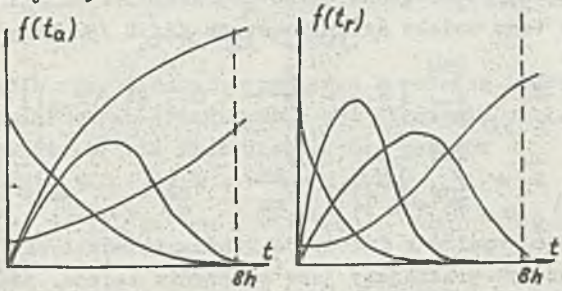
Przedstawiony niemalejący szereg strat obrazuje jedną z możliwych koncepcji przy obliczaniu strat i nie może być traktowany jako jedyny i stały. W dalszej części artykułu pokażemy m.in. bardziej rozbudowaną koncepcję strat przy harmonogramowaniu według obu strategii. Wszystkie jednak dalsze koncepcje będą pochodnymi opisanej wyżej koncepcji strat.

3. Modele probabilistyczne i analiza ilościowa

Obecna strategia harmonogramowania cięcia blach karoseryjnych odpowiada strategii 2 i sytuacji 4 ze stratami $\ldots_{22}$. Mamy więc obecnie do czynienia z sytuacją najbardziej optymistyczną.

Aby przeanalizować według podanej koncepcji strat, jakie otrzymamy średnie straty przy stosowaniu obu strategii harmonogramowania, należy naprzód znać niezawodnościowe charakterystyki nożyc, a mianowicie:

- średnią częstotliwość ν_{am} - awarii poszczególnych nożyc, /m = 1, M/ w czasie 8-godzinnej ich pracy lub
- odpowiednie prawdopodobieństwo P_{am} wystąpienia awarii na poszczególnych nożycach w czasie 8-godz. ich pracy lub
- gęstość trwałości $f(t_a)$ poprawnego czasu pracy dla poszczególnych nożyc w czasie 8-godz. ich pracy, a także odpowiednie charakterystyki niezawodnościowe remontu uszkodzonych nożyc. A więc - $\overline{t_{rm}}$ - średni czas remontu nożyc m-tych lub gęstość remontu $f(t_r)$ dla poszczególnych nożyc. Przykładowe wykresy dotyczące $f(t_a)$ i $f(t_r)$ pokazuje rys. 3.



Rys. 3. Przykładowe wykresy gęstości $f(t_a)$ i $f(t_r)$

Biorąc pod uwagę, że nie da się przewidzieć z góry, jaka sytuacja będzie miała miejsce w danym momencie realizacji cięcia blach, przeto celowe jest użycie modelu probabilistycznego do ilościowego opisu zależności między stratami i niezawodnościowymi charakterystykami nożyc. Każda strategia /w wyżej podanej ogólnej koncepcji/ zawiera 2 sytuacje z odpowiednimi stratami. Straty te zależą od wielu niezdeterminowanych czynników.

Wobec tego przyjmuje się, że straty S_{11}, S_{12} i S_{21}, S_{22} są realizacjami zmiennej losowej dwupunktowej.

Probabilistyczny model ilościowy zbudujemy dla przypadku, gdy dane jest prawdopodobieństwo P_{am} /m = 1, M/ awarii nożyc. Wówczas korzystając z właściwości zmiennej losowej dwupunktowej, średnia strata S_1 dla 1 strategii może być wyznaczona z zależności:

$$\overline{S_1} = \sum_{m=1}^{m=M} \left[S_{11} \cdot P_{am} + S_{12} \left(1 - P_{am}\right)\right] \qquad /2/$$

oraz

$$\overline{S_2} = \sum_{m=1}^{m=M} \left[S_{21} \cdot P_{am} + S_{22} \left(1 - P_{am}\right)\right] \qquad /3/$$

Przy obu strategiach harmonogramowania, przy wystąpieniu awarii z prawdopodobieństwem P_{rm}, m-te nożyce zostaną wyremontowane w czasie 8 godzin. Dlatego modele średnich strat /2/ i /3/ powinny być uzupełnione o straty wynikające z konieczności naprawy. Należy w tym miejscu zaznaczyć, że przedstawione na rys. 2 sytuacje dla różnych strategii harmonogramowania nie ukazują w sposób jawny strat wynikłych z potrzeby remontu uszkodzonych nożyc.

Nie zmieniając koncepcji sytuacji i strat wg rys. 2 można podać dwie możliwości uzupełniające modele /2/ i /3/ o prawdopodobieństwo P_{rm}.

1/ W postaci stosunku prawdopodobieństwa wystąpienia awarii P_{am} do prawdopodobieństwa naprawy P_{rm}, tzn. P_{am}/P_{rm}. Stosunek ten jest określonym wskaźnikiem awaryjności i remontu nożyc. Jeżeli $P_{am}/P_{rm} \leqslant 1$, to mówimy o korzystnej sytuacji przy harmonogramowaniu w obecności uszkodzeń i napraw nożyc. Jeżeli natomiast $P_{am}/P_{rm} > 1$, to sytuacja jest niekorzystna. Wówczas bowiem średnie straty rosną. Proponowany wskaźnik dotyczy, rzecz jasna, tylko pierwszych sytuacji dla obu strategii. Wobec tego modele średnich strat /2/ i /3/ przyjmują postać:

$$\overline{S_1} = \sum_{m=1}^{m=M} \left[S_{11} \cdot \frac{P_{am}}{P_{rm}} + S_{12} \left(1 - P_{am}\right)\right] \qquad /4/$$

oraz

$$\overline{S_2} = \sum_{m=1}^{m=M} \left[S_{21} \cdot \frac{P_{am}}{P_{rm}} + S_{22} \left(1 - P_{am}\right)\right] \qquad /5/$$

2/ Druga możliwość wynika z faktu, że zdarzenie "możliwość wystąpienia awarii i naprawy" traktujemy jako zdarzenie łączne. Niech prawdopodobieństwo zdarzenia łącznego będzie prawdopodobieństwem iloczynu zdarzeń $P_{am,rm}$, tzn. prawdopodobieństwo iloczynu zdarzeń "wystąpiła awaria m-nożycy" i „wystąpiła naprawa m-nożycy", wówczas korzystając z właściwości prawdopodobieństwa iloczynu zdarzeń możemy napisać:

a/ $P_{am,rm} = P_{rm} \cdot P_{am/rm}$ dla zdarzeń zależnych, gdyż $P_{am/rm}$ jest prawdopodobieństwem warunkowym zdarzenia - am pod warunkiem - rm

oraz

b/ $P_{am,rm} = P_{rm} \cdot P_{am}$ dla zdarzeń niezależnych.

Probabilistyczny model dla tego przypadku będzie miał postać:

$$\overline{S}_1 = \sum_{m=1}^{m=M} \left[S_{11} \cdot P_{am} \cdot P_{rm} + S_{12} \left(1 - P_{am} \cdot P_{rm}\right)\right] \qquad /6/$$

oraz dla 2 strategii

$$\overline{S}_2 = \sum_{m=1}^{m=M} \left[S_{21} \cdot P_{am} \cdot P_{rm} + S_{22} \left(1 - P_{am} \cdot P_{rm}\right)\right] \qquad /7/$$

Inną możliwością uwzględnienia prawdopodobieństwa remontu P_{rm} i związanych z tym strat jest rozdzielenie sytuacji 1 w obu strategiach /patrz rys. 2/ na dwie niezależne sytuacje i związane z nimi straty 2. Pokazano to na rys. 4.

	S_{11}		
	awaria i naprawa wystąpiła	awaria wystąp. naprawa nie	awaria i naprawa nie wystąpiła
S.I	S'_{11}	S''_{11}	S_{12}
S.II	S'_{21}	S''_{21}	S_{22}
	S_{21}		

Rys. 4. Strategie, sytuacje i straty - koncepcja 2

W koncepcji 2 można podać następujące związki między stratami

$$S'_{11} < S''_{11} < S_{12}$$

oraz

$$S_{22} < S''_{21} < S'_{21} \qquad /8/$$

Jak widać z rys. 4, mamy do czynienia ze zmienną losową trzypunktową. Wobec tego model strat średnich dla obu strategii, zakładając niezależność awarii i remontów, będzie miał następującą postać:

$$\overline{S}_1 = \sum_{m=1}^{m=M} \left[S_{11} \cdot P_{am} \cdot P_{rm} + S_{11} \cdot P_{am} \left(1 - P_{rm}\right) + S_{12} \left(1 - P_{am} \cdot P_{rm}\right)\right] \qquad /9/$$

$$\overline{S}_2 = \sum_{m=1}^{m=M} \left[S_{21} \cdot P_{am} \cdot P_{rm} + S_{21} \cdot P_{am} \left(1 - P_{rm}\right) + S_{22} \left(1 - P_{am} \cdot P_{rm}\right)\right] \qquad /10/$$

4. Wnioski

W pracy zaproponowano i uzasadniono probabilistyczne modele analizy średnich strat wynikających ze stosowania dwu różnych strategii harmonogramowania cięcia blach karoseryjnych. Z przyjętego sformułowania problemu i jego rozwiązania nasuwają się następujące wnioski co do modeli:

1. Model pierwszy jest prosty i łatwy w posługiwaniu się nim, gdyż opisuje go zmienna losowa dwupunktowa.
2. Ze względu na prostotę, model niejawnie ujmuje straty wynikłe wskutek konieczności remontu zaistniałej awarii.
3. Model drugi, też opisany zmienną losową dwupunktową, ma dwa warianty rozróżniające zależność awarii i napraw. Problem ten trudny do zweryfikowania może się okazać decydujący przy zastosowaniu tego modelu.
4. Model według drugiej koncepcji jest opisany zmienną losową trzypunktową i, aczkolwiek wyróżnia straty jawne na remont, to problemem pozostaje zależność lub niezależność awarii i napraw.
5. Wszystkie modele mają prostą matematyczną postać, a ich dokładność zależy przede wszystkim od dokładności oszacowania strat dla każdej sytuacji.

LITERATURA

[1] Szendzielorz M.; Marecki F.: Koncepcja harmonogramowania pracy krajalni w FSM Tychy, ZN Pol.Śl., s.Automatyka nr 44, Gliwice 1976,

[2] Kimmel M.: informacja przekazana ustnie.

ВЕРОЯТНОСТНЫЕ МОДЕЛИ ДЛЯ АНАЛИЗА ПРОЦЕССА СОСТАВЛЕНИЯ ГРАФИКОВ РАБОТ ПРИ РЕЗКЕ ЖЕСТИ НА НОЖНИЦАХ

Р е з ю м е

В работе предложены и дан анализ вероятностных моделей для анализа потерь, возникающих при применении различных методов составления графиков работ при резке жести на ножницах.

THE PROBABILISTIC MODELS FOR THE VERIFICATION OF THE GRAPHIC SCHEDULES STRATEGIES OF SHEARING MACHINES CUTTING PROCESSES

S u m m a r y

There are proposed and analyzed probabilistic models for economical losses, being caused by various strategies of graphic schedules for cutting processes with help of shearing maschines.