

**Elżbieta BONDAR-NOWAKOWSKA, Donat DEJAS,
Andrzej REINHARD***

Określenie hierarchii czynników wpływających na czas napełnienia łyżki maszyny Pelikan przy odmulaniu cieków z zastosowaniem teorii zbiorów przybliżonych

Abstract

Evaluation of hierarchy of factors affecting the excavator bucket filling time of Pelikan machine at the elutriating of water courses with use of the rough set method. In the operating cycle of Pelikan elutriating machine, the filling time of the excavator bucket is the longest and most differentiated. The times of the operations, i.e. raising of the boom, its rotation, emptying of the bucket and its return to the site are shorter and to a high extent repeatable. With use of the rough set method we evaluated the hierarchy of factors affecting the bucket filling time and found out the kind of water course – bed was the most important factor and water course – bed parameters was the least important one.

Key words: elutriation of water courses, filling of excavator bucket, duration of filling

Wprowadzenie

Spośród operacji roboczych składających się na cykl pracy koparek jednonaczyniowych napełnienie łyżki wyróżnia się najdłuższym i najbardziej zróżnicowanym czasem trwania [Dejas, Bondar-

-Nowakowska 1995]. Czasy pozostałych operacji, tj. uniesienie wysięgnika, jego obrót, opróżnienie łyżki i powrót do miejsca urabiania, są krótsze i w dużej mierze powtarzalne. Potwierdziły to obserwacje prowadzone w latach 1993 i 1994 podczas wykonywania robót konserwacyjnych koparko-odmularką Pelikan na nizinnych ciekach Leniwka i Dobra (dopływy Widawy). Czas trwania cyklu roboczego wpływa na wydajność maszyny. Rozpoznanie więc czynników oddziałujących na ten czas, a szczególnie tych, które składają się na napełnienie naczynia roboczego – operacji najdłuższej trwającej, ma dla wykonującego roboty konserwacyjne duże znaczenie. Ograniczony względami ekologicznymi okres realizacji tych robót [Bondar-Nowakowska, Dejas 1995] sprawia, że muszą one być pod względem organizacyjno-technologicznym dobrze przygotowane, przy czym ocena realnej wydajności eksploatacyjnej maszyny odgrywa tutaj główną rolę.

*Instytut Melioracji i Kształtowania Środowiska, Akademia Rolnicza we Wrocławiu, Pl. Grunwaldzki 24, 50-365 Wrocław.

Praca została wykonana w ramach projektu badawczego Nr 0264/S4/94/07 finansowanego przez Komitet Badań Naukowych.

Cel pracy

Współczesne zadanie konserwacji cieków polega na zapewnieniu odpływu wody z jednoczesnym uwzględnieniem panujących w nich warunków biocenotycznych. Do spełnienia tego zadania nieodzowny jest harmonogram robót [Bondar-Nowakowska, Dejas 1995], którego opracowanie wymaga, poza określeniem warunków wodno-gospodarczych, technicznych i ekologicznych, także posiadania danych eksploatacyjnych maszyny, spośród których wydajność jest parametrem głównym dla ustalenia wielkości produkcji.

Celem pracy jest ustalenie czynników powodujących duże zróżnicowanie czasu napełnienia łyżki i określenie hierarchii ich wpływu na to zróżnicowanie. Umożliwi to ocenę czasu trwania cykli roboczych maszyny, a w konsekwencji jej wydajności.

Metoda badań

Praca opiera się na badaniach wykonanych w latach 1993 i 1994 na 2 nizinnych ciekach, Leniwka i Dobra (dopływy Widawy). Ich szerokości dna wynoszą 3–6 m, głębokości 1,5–1,8 m, a nachylenia skarp 1:1-1:1,5. Obserwacje prowadzono metodą chronometrażu z zastosowaniem techniki filmowo-telewizyjnej. Dane obejmują 400 cykli roboczych maszyny. Czas napełnienia naczynia roboczego odczytywano z dokładnością do 1 sekundy.

Ponadto bezpośrednimi obserwacjami objęto te czynniki, które są bezpośrednio związane z operacją urabiania materiału dennego. Są to:

- zamulenie i gęstość pokrycia roślinnością wodną w przekroju, przy czym rozróżniono tutaj wypełnienie łyżki mułem, mułem i roślinnością oraz samą roślinnością;
- napełnienie łyżki, które poddano ocenie w skali 3-stopniowej: napełnienie < 100%, napełnienie = 100%, napełnienie > 100%;
- liczba cykli wykonywanych na poszczególnych stanowiskach roboczych maszyny.

Wszystkie pomierzone wielkości wykazywały dużą zmienność. Ustalenie ich stopnia oddziaływania na czas napełnienia łyżki, bezpośrednio na podstawie analizy filmu, nie jest możliwe.

Dla przeprowadzenia hierarchii intensywności wpływu poszczególnych czynników powodujących duże wahania czasu napełniania łyżki maszyny Pelikan opracowano program na sprzęt komputerowy typu IBM PC w języku Turbo Pascal, wykorzystując teorię zbiorów przybliżonych [Pawlak 1986, Reinhard i in. 1988]. Zastosowanie tej teorii przydatne jest szczególnie tam, gdzie określenie jakichkolwiek zależności matematycznych jest trudne. Zjawiska tego typu przeważnie opisuje się wykorzystując zależności statystyczne, które wymagają niejednokrotnie wykonania dużej liczby pomiarów w terenie. Jedną z zalet teorii zbiorów przybliżonych jest możliwość uzyskania wiarygodnych wyników nawet dla niewielkich baz danych. Teoria ta jest szczególnie uzasadniona do badania zmian zachodzących w środowisku przyrodni-

czym przy robotach konserwacyjnych na ciekach, ponieważ dotychczas związków matematycznych obejmujących te zależności nie opisano. Złożoność prowadzonych badań jest również duża, co ogranicza ilościowe ich wykonanie.

W teorii zbiorów przybliżonych przez system informacyjny rozumiemy:

$$S = (U, Q, V, \rho)$$

gdzie:

U – skończony zbiór obiektów,

Q – skończony zbiór atrybutów:

$$V = \bigcup_{q \in Q} V_q$$

gdzie V_q jest dziedziną atrybutu q , $\rho: U \times Q \rightarrow V$ zaś jest taką funkcją, że $\rho(x, q) \in V_q$ dla każdego $q \in Q$ oraz $x \in U$, i nazywamy ją funkcją informacyjną.

Tak zdefiniowany system informacyjny może być rozumiany jako skończona tablica, której kolumny są etykietowane atrybutami, a wiersze obiektami. Ponadto wartością elementu o współrzędnych (r, q) , gdzie r – etykieta wiersza, q – etykieta kolumny, jest wartość $\rho(x, q)$. Każdy wiersz w tablicy reprezentuje informacje o obiekcie w systemie S .

Opracowany program umożliwia wyznaczenie: przybliżenia dolnego $\underline{P}X_i$, przybliżenia górnego $\overline{P}X_i$, dokładności aproksymacji $\alpha_p(X_i)$ dla każdego X_i , dokładności aproksymacji $\beta_p(F)$ oraz jakości aproksymacji $\gamma_p(F)$ dla $F = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$. Program ten umożliwia również sprawdzenie, czy zbiór atrybutów jest wzajemnie zależny, tzn. czy rozpatrywane atrybuty nie dają tej samej informacji. Powyższe zależności są następująco zdefiniowane:

– przybliżenie dolne

$$\underline{P}X_i = \{x \in U \mid x \in \underline{x}_j, \quad \underline{x}_j \subseteq X_i \\ \text{dla } j = 1, 2, \dots, k\}$$

– przybliżenie górne

$$\overline{P}X_i = \{x \in U \mid x \in \underline{x}_j, \quad \underline{x}_j \cap X_i \neq \emptyset \\ \text{dla } j = 1, 2, \dots, k\}$$

– dokładność aproksymacji dla X_i

$$\alpha_p(X_i) = \frac{\text{card}(\underline{P}X_i)}{\text{card}(\overline{P}X_i)}$$

– dokładność aproksymacji dla F

$$\beta_p(F) = \frac{\sum_{i=1}^n \text{card}(\underline{P}X_i)}{\sum_{i=1}^n \text{card}(\overline{P}X_i)}$$

– jakość aproksymacji dla F

$$\gamma_p(F) = \frac{\sum_{i=1}^n \text{card}(\underline{P}X_i)}{\text{card}(U)}$$

W celu stwierdzenia wpływu danego atrybutu na czas napełnienia łyżki brano pod uwagę wszystkie atrybuty warunkowe od 1 do 5, a następnie usuwano kolejno po jednym atrybucie. Przeprowadzono analizę zależności γ_p , β_p , α_p , które mogą przyjmować następujące wartości: 0 – gdy brak jest jakichkolwiek związków zachodzących pomiędzy badanymi atrybutami, 1 – gdy związki takie istnieją. Następnie obserwowano wartości, jakie

przyjmują zależności γ_p , β_p , α_p , gdy usunie się dany atrybut. Gdy parametry te przyjmą najmniejsze wartości, to oznacza, że ten właśnie atrybut wpływa najbardziej na czas napełniania łyżki. Kolejne wzrastanie wartości parametrów oznacza kolejność wpływu następnych atrybutów na czas napełniania łyżki.

Na podstawie wykonanych obserwacji opracowano tablicę decyzyjną. Jej układ ilustruje tabela 1. W kolumnie pierwszej wartość 1 dotyczy pomiarów wykonanych na rzece Leniwka, a wartość 2 odnosi się do pomiarów wykonanych na rzece Dobra. Dane w kolumnie drugiej oznaczają rodzaj odspajanego materiału, stanowiący zawartość łyżki. Wprowadzono tu podział na 3 klasy: 1 – oznacza to, że w łyżce znajdował się muł, 2 – muł i roślinność, 3 – tylko roślinność, głównie mozga trzciniowata i manna mielec. W czasie robót maszyna wykonywała na poszczególnych stanowiskach roboczych od dwóch do ośmiu cykli. W każdym z pierwszych cykli napełnienie łyżki wynosiło na ogół 100%, natomiast w ostatnich cyklach było ono mniejsze niż 100%. Różnice te pozwoliły podzielić kolejność cykli roboczych na trzy klasy. Do pierwszej zaliczono wszystkie pierwsze cykle, do drugiej – wszystkie pośrednie, a do trzeciej – wszystkie ostatnie. Klasy te przedstawia trzecia kolumna. W kolumnie czwartej zestawione są wyniki obserwacji napełnienia łyżki. Zostały one podzielone na trzy klasy. Do klasy pierwszej zaliczono wyniki obserwacji, które wskazywały, że geometryczna objętość naczynia roboczego była nie wykorzystana, do drugiej – gdy była ona całkowicie wykorzystana, a do trzeciej – gdy ilość mate-

riału znacznie przekraczała objętość łyżki. Takie sytuacje występowały najczęściej wtedy, gdy w cieku znajdowała się duża ilość roślinności dennej. Liczba cykli na stanowiskach roboczych wynikała głównie z nierównomiernego zamulenia i pokrycia roślinnością denną. W miejscach gdzie było ono większe, czas przebywania maszyny na stanowisku roboczym był dłuższy. W celu uzyskania odpowiedzi, czy czynnik ten miał również wpływ na czas napełnienia łyżki, cykle na poszczególnych stanowiskach podzielono na trzy klasy. Do klasy pierwszej zaliczono stanowiska robocze, z których maszyna wykonywała 1–2 cykli, do klasy drugiej (najczęściej występującej) – stanowiska z 3–4 cyklami, a do trzeciej – stanowiska z ponad 4 cyklami. Klasy te są przedstawione w kolumnie piątej.

Tak więc w tabeli 1 w kolumnach 1–5 znajduje się 5 atrybutów warunkowych, którymi są dwie rzeki o zróżnicowanych przekrojach poprzecznych, rodzaj urobku w naczyniu roboczym, kolejność cykli na stanowiskach roboczych, napełnienie łyżki i liczba cykli na stanowisku roboczym. W kolumnie szóstej przedstawiony jest atrybut decyzyjny, czyli czas napełnienia łyżki, który podzielony został na trzy klasy: od 5 do 10 s, od 6 do 10 s i od 11 do 15 s.

Wyniki

Wyniki badań wyrażone jakością aproksymacji γ_p oraz dokładnością aproksymacji β_p i α_p zawiera tabela 2. Analizując podane w niej wartości, można zauważyć, że żaden spośród 5 atrybutów warunkowych nie wpływa wyraźnie na

Tabela 1

Tablica decyzyjna						
Lp.	Atrybuty warunkowe					Atrybut decyzyjny
	ciek Leniwka -1, ciek Dobra - 2	Rodzaj odspajanego materiału dennego (3 klasy)	Kolejność cyklu roboczego z jednego stanowiska pracy (3 klasy)	Stopień napętnienia łyżki (3 klasy)	Liczba cykli roboczych maszyny z jednego stanowiska (3 klasy)	Czas napętniania łyżki (3 klasy)
	atrybut 1	atrybut 2	atrybut 3	atrybut 4	atrybut 5	atrybut 6
1	1	2	1	3	2	2
2	1	2	2	2	2	2
3	1	1	3	3	2	2
4	1	2	1	2	3	1
5	1	3	2	1	3	2
6	1	2	2	2	3	1
7	1	1	2	3	3	1
8	1	1	3	2	3	1
9	1	2	1	2	2	1
10	1	2	2	2	2	1
•	•	•	•	•	•	•
•	•	•	•	•	•	•
•	•	•	•	•	•	•
400	2	2	3	2	3	1

Tabela 2

Eliminowane atrybuty	$\gamma_p (F)$	$\beta_p (F)$	$\alpha_p (X_1)$	$\alpha_p (X_2)$	$\alpha_p (X_3)$
–	0,2785	0,1528	0,03	0,26	0,02
1	0,1848	0,0928	0,01	0,18	0,00
2	0,1190	0,0561	0,00	0,11	0,01
3	0,1367	0,0663	0,02	0,13	0,00
4	0,1392	0,0663	0,00	0,14	0,00
5	0,1266	0,0623	0,01	0,12	0,00

czas napełniania łyżki, ponieważ wartości, jakie przyjmują jakość aproksymacji γ_p i dokładność aproksymacji β_p i α_p , nie są wysokie. Usunięcie jednak atrybutu drugiego powoduje silne obniżenie wartości γ_p i β_p , co wskazuje, że rodzaj odspajanego materiału dennego ma największy wpływ na badaną operację. W dalszej kolejności są: liczba cykli roboczych maszyny z jednego stanowiska uzależniona od miąższości zamulenia i stopnia pokrycia dna roślinnością (atrybut 5), kolejność cyklu roboczego z jednego stanowiska pracy maszyny (atrybut 3), napełnienie łyżki (atrybut 4) oraz wymiary koryta ciek (atrybut 1).

Wnioski

1. Teoria zbiorów przybliżonych, nie stosowana dotychczas w rozwiązywaniu zagadnień melioracyjnych, pozwoliła ocenić kolejność wpływu czynników na czas napełniania łyżki maszyny Pelikan przy odmulaniu cieków.

2. Wyniki oparte na dwuletnich badaniach wskazują, że spośród 5 cech, które mogą wpływać na czas napełniania łyżki odmulającej, rodzaj urabianego materiału dennego oddziałuje najsilniej na ten czas, a wymiary koryta ciek najsłabiej.

Literatura

- BONDAR-NOWAKOWSKAE., DEJAS D. 1995: *Wpływ uwarunkowań ekologicznych na czas pracy maszyn konserwacyjnych*. Zeszyty Naukowe. Nr 266. Akademia Rolnicza, Wrocław, 253–261.
- DEJAS D., BONDAR-NOWAKOWSKAE. 1995: *Badania nad wydajnością koparko-odmularki Pelikan i ich wyzyskanie do planowania robót konserwacyjnych na ciekach*. Zeszyty Naukowe. Akademia Rolnicza. Wrocław, Melioracja XII, w druku.
- PAWLAK Z. 1986: *Rough sets and decision tables*. Lecture Notes in Math., Springer–Verlag, 208, 186–196.
- REINHARD A., STAWSKI B., WEBER T. 1989: *Application of rough sets to study the water outflow from the river basin*. Bulletin of the Polish Academy of Sciences, Technical Sciences. Vol. 37. No 1–2, 97–103.