

RYSZARD ROBERT GAJEWSKI

Wydział Inżynierii Lądowej, Instytut Inżynierii Budowlanej,  
Zakład Budownictwa Ogólnego, Zespół Technologii Informatycznych  
Politechnika Warszawska,  
ORCID: 0000-0002-2521-6559

## EWALUACJA DYSCYPLIN NAUKOWYCH JAKO DYSKRETNY PROBLEM PLECAKOWY



Ryszard Robert Gajewski uzyskał doktorat (1989) i następnie habilitację (2007) na Wydziale Inżynierii Lądowej Politechniki Warszawskiej. Obecnie jest zatrudniony na stanowisku profesora uczelni i prowadzi wykłady na temat technologii informacyjnych, zastosowań informatyki, myślenia obliczeniowego i metod komputerowych w inżynierii lądowej. Jako stypendysta spędził kilka lat w TU Delf w Holandii, TU Essen w Niemczech i University of Michigan w Ann Arbor. Jego zainteresowania naukowe obejmują dwa obszary badań, a mianowicie obliczenia inżynierskie, a także e-learning (uczenie się oparte na technologii – TEL), w szczególności technika odwrotnej klasy. Jest autorem lub współautorem sześciu

monografii i licznych artykułów publikowanych w najważniejszych czasopismach międzynarodowych. Był również aktywnym uczestnikiem międzynarodowych i krajowych projektów badawczych poświęconych TEL. Wygłosił liczne wykłady na temat e-learningu na konferencjach międzynarodowych. Jest członkiem International Federation of Information Processing (IFIP). Ostatnio jego zainteresowania naukowe koncentrują się na wykorzystaniu narzędzi typu Solver.

**SŁOWA KLUCZOWE:** Logistyka publikacyjna. Optymalizacja. Problem plecakowy.

**ABSTRAKT: Teza/cel artykułu** – Planowanie, koordynacja i sterowanie przebiegiem publikowania w aspekcie zarówno czasu, jak i przestrzeni w celu efektyw-

nego osiągnięcia celów instytucji naukowo badawczej w postaci możliwie wysokiej oceny ewaluacyjnej to procesy w pełni wyczerpujące znamiona logistyki. W sytuacji, gdy do ewaluacji jest już tylko kilkanaście miesięcy trudno jest mówić o planowaniu – można jedynie koordynować zbieranie danych i sterować finiszem. **Metody** – W pracy przedstawiono rozwiązanie zagadnienia z wykorzystaniem arkusza kalkulacyjnego i narzędzi Solver i OpenSolver. **Wyniki/wnioski** – Narzędzia komputerowego modelowania i symulacji, bazujące na dyskretnym problemie plecakowym, mogą znakomicie posłużyć do oszacowania dorobku punktowego dyscypliny naukowej i kontroli wyniku oceny ministerialnej. Przedstawione uogólnione wzory pozwalają lepiej zrozumieć mechanizm ewaluacji. Zaproponowane rozwiązanie może być także podstawą do opracowania systemu oceny osób.

## MOTYWACJA

Wszystkie instytucje zajmujące się badaniami naukowymi, czyli uczelnie i instytuty naukowe, podlegają okresowej ewaluacji, od której zależy poziom finansowania a także prawo do nadawania stopnia doktora w dyscyplinie. Niezmienny od wielu lat algorytm ewaluacji uległ drastycznym zmianom po uchwaleniu ustawy 2.0 (Ustawa, 2018) i zgodnego z jej duchem rozporządzenia (Rozporządzenie, 2019). W 2020 r. przesunięto rozpoczęcie ewaluacji (Ustawa, 2020) na 1 stycznia 2022 r. W związku z tym niezbędnym modyfikacjom uległy zasady ewaluacji (Rozporządzenie, 2020). Wzrósł znacznie stopień skomplikowania procedury ewaluacyjnej, co stawia jednostki naukowe i badawcze przed nowymi wyzwaniami. Definicja logistyki (Krawczyk, 2000) w pełni opisuje zarysowany problem przygotowania do ewaluacji. Realne procesy, które powinny być planowane i koordynowane obejmują strategię publikacyjną jednostki. Gdy do ewaluacji zostało już tylko kilkanaście miesięcy za późno jest na planowanie i pełne koordynowanie działań. Możliwa jest jedynie budowa odpowiedniego matematycznego modelu obliczeniowego i symulacja uzyskanych wyników, także w celu kontroli obliczeń MNiSW.

Bezpośrednią motywacją do napisania artykułu był tytuł komunikatu Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego – „Koniec z punktozą. Nowy wykaz czasopism już jest” (MNiSW, 2019). Z treści tego komunikatu w żaden sposób nie wynikał tytułowy koniec punktozy. Była to raczej zapowiedź punktozy 2.0 lub punktozy plus. Kwestia oceny dorobku i nieustanne zmiany kryteriów, szczególnie w odniesieniu do awansów naukowych, zawsze budziła kontrowersje (Rykiel, 2014). W związku ze zwiększającą się liczbą autorów jednej publikacji publikacje i idące w ślad za nimi zgłoszenia ewaluacyjne dawały zniekształcony obraz nauki w Polsce (Kulczycki et al., 2015). W pracy (Morawski, 2017) opublikowanej w 2017 r. używany był jeszcze termin punktomania. Liczenie cytowań

i sumowanie wartości różnych punktów i wskaźników stało się rytuałem w środowiskach akademickich dokładnie wtedy, gdy świat zaczął walczyć z obsesją bibliometryczną (Ranjan, 2017). Wyrazu punktoza nie odnotowują jeszcze słowniki, ale 26 lipca 2016 r. zarejestrowało go Obserwatorium Językowe Uniwersytetu Warszawskiego (Szczerbowski, 2017). Po raz pierwszy termin punktoza pojawił się w przestrzeni publicznej w publikacji w „Forum Akademickim” (Hanke et al., 2014). Punktoza może być także rozumiana jako jedna ze strategii w grze parametrycznej środowisk naukowych, polegająca na tym, że bardziej opłacalne jest opublikowanie kilku artykułów w słabych czasopismach niż opublikowanie jednego w czasopiśmie wysoko punktowanym (Kulczycki, 2017). Zmiana modelu ewaluacji i oceny monografii poprzez uzależnienie liczby punktów od „kategorii” wydawnictwa (Kulczycki & Korytkowski, 2018) wzbudziła wiele kontrowersji. W pracy (Morawski, 2019) podkreślono szkodliwość redukcji oceny książki naukowej do oceny wydawnictwa, co prowadzi do sytuacji, w której zrównano oceny wydawnictwa Springer i wydawnictwa Akademii im. Jakuba z Paradyża w Gorzowie Wielkopolskim. Kwantofreniczne wzmożenie w polskiej nauce nasiliło się także w związku z przyjęciem mechanizmu tak zwanych udziałów jednostkowych, co spowodowało mutację punktozy do slotozy – próby gry procesem wypełniania slotów.

## PODSTAWOWE DEFINICJE

Definicje, które będą wykorzystywane w dalszej części artykułu pochodzą bezpośrednio z rozporządzenia i przewodnika (Przewodnik, 2019). **Całkowita wartość punktowa** artykułu naukowego, monografii naukowej, redakcji naukowej monografii naukowej lub rozdziału w monografii naukowej, czyli ogólnie publikacji naukowej, to liczba punktów określona w odpowiednich komunikatach (Komunikat, 2019a; Komunikat, 2019b). **Przeliczeniowa wartość punktowa** publikacji zależy od całkowitej wartości punktowej i wartości  $k$  i  $m$ , gdzie  $k$  oznacza liczbę autorów artykułu naukowego będących osobami, które upoważniły ewaluowany podmiot (np. uczelnię, instytut badawczy itp.) do wykazania artykułu naukowego jako osiągnięcia naukowego w danej dyscyplinie naukowej, a  $m$  oznacza liczbę autorów artykułu naukowego ogółem. **Jednostkowy udział** każdego autora w danej publikacji, zwany także udziałem jednostkowym lub **slotem publikacyjnym** albo w skrócie **slotem** to liczba z przedziału  $(0-1]$  – udział jednostkowy przyjmuje wartość jeden dla publikacji jednoautorskiej. Najważniejsza z punktu widzenia ewaluacji jest **wartość punktowa udziału jednostkowego**, czyli liczba punktów, które przypisywane są danemu autorowi za konkretną publikację, obliczana jako iloczyn całkowitej wartości punktowej i jednostkowego udziału.

Zarówno w rozporządzeniu, jak i w przewodniku kwestie te przedstawiane są w sposób zdecydowanie zawiły. Po wnikliwej lekturze i pogłębionej refleksji można te wszystkie kwestie usystematyzować i uprościć. W analizie posłużymy się oznaczeniami z rozporządzenia:

- $P$  – przeliczeniowa wartość punktowa publikacji naukowej,
- $P_C$  – całkowita wartość punktowa publikacji naukowej,
- $U$  – udział jednostkowy w publikacjach wieloautorskich (slot),
- $P_U$  – wartość punktowa udziału jednostkowego,
- $k$  – liczba współautorów, którzy upoważnili ewaluowany podmiot do wykazania publikacji,
- $m$  – liczba autorów publikacji ogółem.

Wzory i listy przypadków w rozporządzeniu i przykłady w przewodniku raczej nie wyjaśniają sprawy. Można te kwestie znacznie uprościć i uczynić bardziej zrozumiałymi, wprowadzając dodatkowy współczynnik  $\alpha$ , który zależy od „doniosłości” publikacji i wynosi 1 dla najwyższej grupy,  $\frac{1}{2}$  dla środkowej i 0 dla najniższej. Aby policzyć udział jednostkowy  $U$  i jego wartość punktową  $P_U$  należy najpierw wyznaczyć łączną liczbę autorów  $m$ , zidentyfikować liczbę autorów z ewaluowanego podmiotu  $k$  a następnie na podstawie całkowitej wartości punktowej określić  $U$  i  $P_U$ .

$$U = \left(\frac{k}{m}\right)^{1-\alpha} \frac{1}{k} \rightarrow \begin{cases} \alpha = 1 & U = \frac{1}{k} \\ \alpha = \frac{1}{2} & U = \frac{1}{\sqrt{k \cdot m}} \\ \alpha = 0 & U = \frac{1}{m} \end{cases}$$

$$P_U = P_C \cdot U$$

Udziały jednostkowe wyrażają się dla tych trzech przypadków bardzo prostymi wzorami, a wartość punktową udziału jednostkowego obliczamy w sposób naturalny, zgodnie z definicją, jako iloczyn całkowitej wartości punktowej publikacji naukowej i wartości udziału jednostkowego. Dla jednej osoby suma udziałów jednostkowych, czyli slotów zgłoszonych do ewaluacji nie może być większa niż cztery. Przytoczone wzory mogą pomóc przy symulacji składów zespołów autorskich i próbie odpowiedzi czy, gdzie i jak warto publikować (Szelaąg, 2019). Problemem badawczym jest więc kwestia czy poszukiwanie odpowiedzi na pytanie „czy, gdzie i jak warto publikować” można sformułować jako zagadnienie optymalizacyjne.

## DYSKRETNY PROBLEM PLECAKOWY

Pierwsze prace naukowe dotyczące problemu plecakowego pochodzą z końca XIX w. (Mathews, 1896). Terminu „problem plecakowy” użył po raz pierwszy Tobias Dantzig. Podsumowanie jego pierwszych prac można

znaleźć w książce (T. Dantzig, 1930), którą Einstein określił mianem najciekawszej książki o matematyce, jaka wpadła mu w ręce. Książka ta doczekała się wznowienia już w XXI w. (T. Dantzig, 2007). Jednym z pierwszych algorytmów rozwiązania problemu plecakowego był zachłanny algorytm aproksymacyjny, opublikowany najpierw jako raport (G.B. Dantzig, 1956) a następnie jako artykuł naukowy (G.B. Dantzig, 1957). Szczegółowy opis problemu jest zawarty w monografii poświęconej programowaniu matematycznemu (Bradley et al., 1977).

Dyskretny problem plecakowy (ang. *discrete knapsack problem*) (Kellerer et al., 2004) jest jednym z najczęściej poruszanych problemów optymalizacyjnych. Nazwa zagadnienia pochodzi od maksymalizacyjnego problemu wyboru przedmiotów, tak by ich sumaryczna wartość była jak największa i jednocześnie mieściły się w hipotetycznym plecaku. Przy podanym zbiorze elementów o podanej wadze i wartości, należy wybrać taki podzbiór, by suma wartości była możliwie jak największa, a suma wag była nie większa od danej pojemności plecaka.

Problem plecakowy często przedstawia się jako problem złodzieja rabującego sklep – znalazł on  $N$  towarów:  $j$ -ty przedmiot jest wart  $c_j$  oraz waży  $w_j$ . Złodziej dąży do zabrania ze sobą jak najwartościowszego łupu, przy czym nie może zabrać więcej niż  $B$  kilogramów. Nie może też zabierać ułamkowej części przedmiotów (byłoby to możliwe w ciągłym problemie plecakowym).

Definicja formalna problemu jest następująca: mamy do dyspozycji plecak o maksymalnej pojemności  $B$  oraz zbiór  $n$  elementów  $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ , przy czym każdy element ma określoną wartość  $c_j$  oraz wagę  $w_j$ . Dyskretny problem plecakowy może być formalnie zapisany w następujący sposób:

$$\begin{aligned} \text{zmaksymalizuj:} \quad & \sum_{i=1}^n c_i \cdot x_i \\ \text{przy ograniczeniach:} \quad & \sum_{i=1}^n w_i \cdot x_i \leq B, \quad x_i = 0 \text{ lub } 1, \quad i = 1, \dots, n \end{aligned}$$

Poza ograniczeniem na maksymalną pojemność możemy sformułować inne ograniczenia, takie jak:

- Jeśli bierzemy element  $i$  to nie element  $j$ :  $x_i + x_j \leq 1$
- Jeśli bierzemy element  $i$  to także element  $j$ :  $x_i \leq x_j$
- Musimy wybrać element  $i$  lub  $j$  lub oba:  $x_i + x_j \geq 1$

Jednym z prostych sposobów rozwiązania tego problemu jest przegląd zupełny (ang. *bruteforce*, metoda siłowa). Jest to metoda nieefektywna obliczeniowo – znajduje rozwiązanie najlepsze, choć czas obliczeń może być bardzo długi. W przypadku przeglądu zupełnego złożoność obliczeniowa algorytmu wyniesie  $\Theta(2^n)$ . Notacja dużego  $O$ , (omega, theta) służy do

określania złożoności obliczeniowej algorytmów Zdecydowanie zawyżyło to czas działania dla dużych  $n$ . Złożoność wynosi  $\Theta(2^n)$  ponieważ jest tyle możliwych kombinacji zer i jedynek na  $n$  polach. Możliwe jest także rozwiązanie dyskretnego problemu plecakowego z wykorzystaniem programowania liniowego (Martello & Toth, 1997).

## OPTIMALIZACJA SLOTÓW JAKO DYSKRETNE ZADANIE PLECAKOWE

Zagadnienie optymalizacji slotów możemy przedstawić w języku dyskretnego problemu plecakowego. W optymalizacji slotów będziemy maksymalizować sumę wartości punktowych udziałów jednostkowych przy podstawowym ograniczeniu nałożonym na sumę udziałów jednostkowych – zamiast sumy iloczynów  $w_i \cdot c_i$  będziemy mieli więc sumę wartości. Mamy wówczas następujące zależności:

- Zmiennymi decyzyjnymi  $x_i$  będą w tym zadaniu zmienne binarne przyjmujące wartości 1 lub 0, odpowiadające decyzji o uwzględnieniu bądź też nieuwzględnieniu danego udziału jednostkowego  $U$  i jego wartości punktowej  $P_U$ .
- Wartościom  $c_i$  elementów odpowiadają wielkości  $P_U$  – wartości punktowe poszczególnych udziałów jednostkowych, czyli iloczyn  $P_c \cdot U$ .
- Maksymalizujemy sumę iloczynów  $c_i \cdot x_i$ , czyli sumę wartości punktowych udziałów jednostkowych.
- Wielkościom  $w_i$ , czyli wagom (objętościom) w klasycznym zagadnieniu plecakowym, które są elementem podstawowego warunku ograniczającego zawierającego iloczyn  $w_i \cdot x_i$  odpowiadają wartości  $U$  czyli udziałów jednostkowych (slotów).
- Maksymalnej pojemności plecaka odpowiada ograniczenie na sumę udziałów jednostkowych w publikacjach naukowych. Jest to podstawowy warunek ograniczający (§ 17. 5. *Suma udziałów jednostkowych w publikacjach naukowych uwzględnianych w ocenie ewaluowanego podmiotu w danej dyscyplinie naukowej nie może być większa niż 3-krotność liczby  $N$ .*)

Do tak sformułowanego dyskretnego zagadnienia plecakowego w kolejnych krokach rozwiązania dołączamy kolejne ograniczenia, które wynikają z Rozporządzenia MNiSW w sprawie ewaluacji działalności naukowej (Rozporządzenie, 2019). Rozporządzenie MNiSW zmieniające rozporządzenie w sprawie ewaluacji jakości działalności naukowej (Rozporządzenie, 2020) zmienia jedynie niektóre parametry liczbowe.

- Pierwsze ograniczenie dotyczy liczby udziałów jednostkowych raportowanych przez każdą osobę (§ 17. 1. *Suma udziałów jednostkowych za uwzględniane w ewaluacji publikacje naukowe autorstwa albo współautorstwa osób [...] nie może być większa niż 4-krotność średniej wartości*

iloczynu wymiaru czasu pracy i udziału czasu pracy związanej z prowadzeniem działalności naukowej w ramach danej dyscypliny naukowej)

- Kolejne ograniczenie wynika ze specyfiki nadchodzącej ewaluacji i dotyczy sum udziałów jednostkowych w poszczególnych latach (§ 36. W ewaluacji przeprowadzanej w 2021 r. suma udziałów jednostkowych za uwzględniane w ocenie ewaluowanego podmiotu w danej dyscyplinie naukowej: 1) artykuły naukowe opublikowane w latach 2019 i 2020, 2) monografie naukowe, rozdziały w monografiach naukowych i redakcje naukowe monografii naukowych, opublikowane w latach 2017-2020 – nie może być większa niż 2-krotność liczby  $N$ , z wyłączeniem dyscypliny naukowej informatyka oraz dyscypliny naukowej informatyka techniczna i telekomunikacja)
- Ograniczeniu podlega także liczba monografii. (§ 17. 7. Suma udziałów jednostkowych w monografiach naukowych, których całkowita wartość punktowa wynosi nie więcej niż 100 pkt, i redakcjach naukowych takich monografii, uwzględnianych w ocenie ewaluowanego podmiotu nie może być większa niż: [...] 2) 5% 3-krotności liczby  $N$  – w przypadku działalności naukowej prowadzonej w ramach dyscyplin naukowych należących do pozostałych dziedzin nauki [należących do dziedziny nauk humanistycznych, dziedziny nauk społecznych i dziedziny nauk teologicznych].)

Tak sformułowany model matematyczny dyskretnego zagadnienia plecakowego, który odpowiada problemowi maksymalizacji liczby punktów w ewaluacji, może zostać następnie rozwiązany dla niewielkiego zbioru danych w arkuszu kalkulacyjnym z wykorzystaniem narzędzia Solver (Harmon, 2012; Moore, 2017; Ragsdale, 2017).

## ROZWIĄZANIE MODELU MATEMATYCZNEGO W ARKUSZU KALKULACYJNYM

W celu zweryfikowania poprawności zbudowanego modelu matematycznego opracowano model obliczeniowy, który następnie został zaimplementowany w arkuszu kalkulacyjnym. W obliczeniach testowych proponowanego algorytmu wygenerowano dane o udziałach jednostkowych i całkowitych wartościach punktowych publikacji dla siedmiu osób, tak aby możliwe było uwzględnienie monografii, ponieważ zgodnie ze wzorem  $5\% \text{ z } 3 \times 7 = 1.05$ . Przyjęto dla uproszczenia, że każda z osób ma po osiem udziałów jednostkowych – trzy z lat 2017 i 2018 i pięć z lat 2019 i 2020. Przykładowe dane o publikacjach i cząstkowe wyniki obliczeń przedstawia rysunek 1.

190	6	1	0	0	0	1	1	1	1	$x$
3.5		1	0.5	1	1	0.5	1	0.75	0.25	$U$
258		80	80	20	8	15	40	70	40	$P_c$

Komórki ograniczone grubą linią zawierają dane – kolejne kolumny to kolejne publikacje.

- W pierwszym wierszu danych znajdują się wartości  $U$ , czyli udziały jednostkowe w publikacjach, czyli sloty dla konkretnego pracownika obliczone z przedstawionych wcześniej wzorów.
- W drugim wierszu danych są wartości  $P_c$ , czyli całkowite wartości punktowe publikacji określone na podstawie rozporządzenia (Rozporządzenie, 2019) i dwóch komunikatów (Komunikat, 2019a; Komunikat, 2019b).

Powyżej danych w trzecim wierszu znajdują się binarne zmienne decyzyjne  $x$  – wartość 1 oznacza, że dana publikacja jest uwzględniana w ewaluacji, 0 – że nie. Binarne zmienne decyzyjne mogą być bez problemu modelowane w arkuszu.

Kolumna po lewej stronie zawiera kolejno następujące wielkości:

- W pierwszej komórce od góry znajduje się suma iloczynów wartości z odpowiednich komórek z trzech wierszy oznaczonych  $x$ ,  $U$  i  $P_c$ . Jest to suma wartości punktowych wybranych udziałów jednostkowych pojedynczej osoby.
- W drugiej komórce znajduje się suma iloczynów wartości w wierszach pierwszym i drugim, czyli  $x$  i  $U$ . Jest to suma wybranych udziałów jednostkowych (slotów) danej osoby.
- Wreszcie w trzeciej komórce jest suma iloczynów wartości w wierszach drugim i trzecim, czyli wartości  $U$  i  $P_c$ . Jest to suma wartości wszystkich udziałów jednostkowych pojedynczej osoby.

Liczba 6, która znajduje się pomiędzy wymienionymi dwoma zestawami wartości to suma wszystkich udziałów jednostkowych (slotów) pracownika, czyli suma wyrazów w wierszu  $U$ . Widać, że dla rozpatrywanej osoby dyskretny algorytm plecakowy wybrał tylko 3,5 udziału. Łatwo zauważyć, że suma wybranych slotów jest mniejsza od sumy wszystkich slotów, podobnie jak wartość punktowa udziałów jednostkowych.

W modelu obliczeniowym zmiennymi decyzyjnymi będą wszystkie wartości w pierwszych wierszach tabeli danych dla poszczególnych autorów, czyli zmiennych decyzyjnych będzie tyle, ile zgłoszonych slotów. Funkcja celu, którą będziemy maksymalizować to suma dla wszystkich autorów iloczynów wartości z trzech wierszy, czyli suma wartości punktowych udziałów jednostkowych dla wszystkich osób. Zadanie będziemy rozwiązywać krok po kroku dodając kolejne ograniczenia, tak aby móc prześledzić wpływ ograniczeń na uzyskany wynik punktowy.

- W pierwszym kroku jedynym ograniczeniem będzie binarność zmiennych decyzyjnych. W tym przypadku wartość funkcji celu wyniesie 1212,75. Oczywiście jest to błędne rozwiązanie, gdyż dla każdego z autorów suma zgłoszonych udziałów jednostkowych jest większa niż cztery.



- Po dodaniu ograniczenia na sumę zgłoszonych udziałów przez każdego autora, która musi być mniejsza niż 4, zmieni się rozwiązanie – będzie ono wynosiło 1056,25. Jest to także błędne rozwiązanie, gdyż suma udziałów jednostkowych wyniesie wtedy 27.75 a maksimum to  $3N$  czyli 21.
- Dodajemy więc kolejne ograniczenie na sumę udziałów jednostkowych i otrzymujemy wynik 970, także nieprawidłowy, zawyżony. Suma udziałów jednostkowych za dwa ostatnie lata wynosi bowiem 16, podczas gdy ograniczenie to  $2N$  czyli 14.
- Dołączenie kolejnego warunku powoduje kolejną zmianę wyniku – wynosi on tym razem 961,25 i jest nadal zawyżony, gdyż suma udziałów jednostkowych za monografię wynosi 5,5 a może być w tym przykładzie maksymalnie 1.
- Uwzględnienie tego ostatniego warunku na liczbę monografii przynosi w pełni poprawny wynik 785. Jest to najwyższa możliwa do uzyskania wartość sumy przy spełnieniu wszystkich kryteriów.

Standardowy Solver programu Microsoft Excel ma ograniczenie 200 zmiennych decyzyjnych, zarówno dla problemów liniowych, jak i nieliniowych. Odpłatny, komercyjny Frontline Premium Solver ma ograniczenie 2000 zmiennych decyzyjnych dla problemów liniowych. Do rozwiązania tego zadania można także wykorzystać OpenSolver (Mason & Duinning, 2010), dla którego to narzędzia nie ma żadnych sztucznych ograniczeń dotyczących wielkości rozwiązywanego problemu. W rozwiązaniu zadań plecakowych o bardzo dużej liczbie zmiennych decyzyjnych najwłaściwsze wydaje się jednak zastosowanie algorytmów genetycznych (Chu & Beasley, 1998; Khuri et al., 1994; Raidl, 1998).

## OCENA PRACOWNIKA

W poprzednich ewaluacjach algorytm wyznaczania sumy punktów za publikacje był bardzo prosty. W pierwszym kroku należało posortować publikacje malejąco ze względu na liczbę punktów, a następnie zsumować odpowiednią, czyli dopuszczalną liczbę publikacji. Sloty w sposób doskonały skomplikowały sprawę na poziomie ewaluowanej dyscypliny. Dla poszczególnych osób liczenie ich indywidualnego dorobku punktowego jest o wiele prostsze, ale suma dorobków punktowych poszczególnych osób nie jest równa dorobkowi całej dyscypliny, ze względu na wiele dodatkowych ograniczeń występujących w rozporządzeniu.

Informacje zgromadzone podczas procesu ewaluacji dyscypliny mogą i powinny być wykorzystane w rozsądnym zakresie jako jeden z elementów składowych oceny pracownika. Można tu sobie wyobrazić wiele potencjalnych wariantów. Zaczniemy od dwóch skrajnych:

- Do oceny pracownika bierzemy pod uwagę tylko to, co jest udziałem pracownika w dorobku dyscypliny. W tej sytuacji być może będzie możliwość uzyskania tej informacji z systemu POLON po zakończeniu ewaluacji.
- Do oceny pracownika bierzemy pod uwagę jego cały dorobek. W tym przypadku nie jest konieczne rozwiązywanie zagadnienia plecakowego – wystarczy zwykle, bezwarunkowe sumowanie kolejnych slotów.

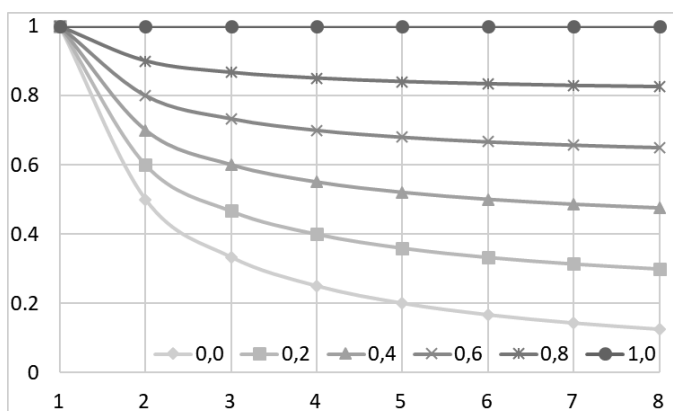
Można tu wyobrazić sobie wariant pośredni, w którym ograniczamy liczbę slotów podlegających ocenie. Jeżeli ograniczenie na liczbę slotów jest jedynym ograniczeniem to w tym przypadku także nie jest konieczne rozwiązywanie zagadnienia plecakowego. Wystarczy jedynie posortować sloty malejąco i zsumować odpowiednią liczbę udziałów. W przypadku stosowania innych ograniczeń, podobnych do znanych z rozporządzenia, konieczne będzie rozwiązanie dyskretnego zadania plecakowego.

System ewaluacji dyscypliny naukowej powinien być spójny i zbieżny z systemem oceny osób, trochę w myśl zasady, że to co jest dobre dla pracownika powinno być dobre dla dyscypliny i *vice versa*. Niestety, tak nie jest. Wyobraźmy sobie dwie publikacje z grupy  $\alpha=0$ . Pierwsza jest autorstwa pięciu osób z jednej instytucji, dla drugiej z danej instytucji jest tylko jeden autor z pięciu. W obu przypadkach instytucja otrzyma w slotach komplet punktów. Sytuacja autorów będzie jednak diametralnie różna. W pierwszym przypadku każdy z autorów wypełnia jedynie 0,2 udziału jednostkowego, w drugim jeden udział. Oznacza to, że z punktu widzenia konkretnego pracownika bardziej opłacalne jest budowanie zespołu badawczego poza własną instytucją! Aby zapobiec tego typu sytuacjom można wprowadzić dodatkowy parametr  $\beta$  przyjmujący wartości z przedziału  $[0,1]$ .

- Dla wielkości parametru wynoszącej 0 mamy sytuację taką jak w rozporządzeniu.
- Jeśli parametr wynosi 1 każdy z autorów z danej instytucji zapełnia pełen udział.

Rysunek przedstawia zależność zmodyfikowanego udziału jednostkowego  $U'$  (oś pionowa) od liczby  $k$  autorów z ocenianej jednostki (oś pozioma) dla różnych wartości parametru  $\beta$ .

$$U' = \beta + \frac{1-\beta}{k} \rightarrow \begin{cases} \beta = 0 & \frac{1}{k} \\ k \rightarrow \infty & \beta \\ \beta = 1 & 1 \end{cases}$$



## UWAGI KOŃCOWE

W artykule wykazano, że kwestia odpowiedzi na pytanie „czy, gdzie i jak warto publikować” może być sformułowana jako dyskretne zagadnienie plecakowe. Dla niewielkich zestawów danych problem może być rozwiązany z wykorzystaniem arkusza kalkulacyjnego i narzędzi Solver lub OpenSolver. Na poziomie instytucji i dyscypliny naukowej warto optymalizację slotów powiązać z repozytoriami publikacji tak, aby uniknąć przenoszenia danych. Wyniki uzyskane dla losowo generowanych danych pokazały znacząca zmianę końcowych rezultatów na skutek stosowania ograniczeń, które zabierają do 50% punktów. Niezwykle istotne jest więc logistyka publikacyjna, czyli określenie tego w jakich zespołach warto i należy publikować.

Analizy prowadzone na wielu zbiorach danych pokazały kilka prawidłowości czy też pułapek obecnych zasad ewaluacji. Jednym z fundamentalnych „pomysłów” nowych zasad jest zapewnienie i promowanie równomiernego rozwoju jednostek naukowych i dyscyplin przez niedopuszczanie do sytuacji, w której o wyniku decydują przede wszystkim osiągnięcia kilku liderów – zapewnia to wprowadzenie maksymalnej liczby slotów na osobę. Jednak nawet to ograniczenie nie jest w stanie zlikwidować badawczych „czarnych dziur”. Dla przypadku minimalnej liczebności dyscypliny, czyli 12 liczba raportowanych slotów wynosi 36 i zgodnie z rozporządzeniem może je wypełnić 9 osób. Oczywiście trudno sobie wyobrazić, aby w dyscyplinie było 75% liderów. Zakładając, że procent liderów i maruderów jest taki sam i wynosi 25% o wyniku de facto zadecyduje wynik 50% „środka”.

Niewątpliwie nowe zasady ewaluacji będą zmuszać do równomiernego i zrównoważonego rozwoju kadry. W poprzednich ewaluacjach możliwe było bazowanie na liderach, swoistych lokomotywach badawczych,

publikujących zdecydowanie więcej niż pozostali pracownicy. Zasada, że każdy pracownik może zgłosić co najwyżej cztery sloty odwraca sytuację. Zakładając, że w każdej instytucji są naukowcy liderzy na podobnym poziomie, o sukcesie ewaluacji będą decydować najsłabsze ogniwa. Niesie to oczywiście pewne zagrożenia. Najlepsi po osiągnięciu limitu slotów będą mogli jedynie pracować na swój własny dorobek albo rozwijać intensywną współpracę z innymi przedstawicielami własnej jednostki.

Nowe zasady ewaluacji dyscyplin będą mogły także być wykorzystane w ocenie pracowników. Dotychczas o ocenie najczęściej decydowała, jak w poprzednich rozporządzeniach, prosta suma zdobytych punktów przy awansach wzbogacona o oświadczenia o udziale w publikacjach. Te oświadczenia do pewnego stopnia mogą zastąpić udziały jednostkowe, czyli sloty, zmodyfikowane przez zaproponowany parametr  $U'$ .

## BIBLIOGRAFIA

- Bradley, S.P.; Hax, A.C.; Magnanti, T.L. (1977). *Applied Mathematical Programming*. Addison-Wesley.
- Chu, P.C.; Beasley, J.E. (1998). A genetic algorithm for the multidimensional knapsack problem. *Journal of Heuristics*, 4(1), 63-86.
- Dantzig, G.B. (1956). *Notes on Linear Programming: Part XXXV – Discrete-Variable Extremum Problems* (AD 112411; U.S. Air Force – Project RAND). The RAND Corporation.
- Dantzig, G.B. (1957). Discrete-Variable Extremum Problems. *Operations Research*, 5(2), 266-288.
- Dantzig, T. (1930). *Number: The Language of Science*. Kessinger Publishing.
- Dantzig, T. (2007). *Number: The Language of Science* (J. Mazur, Ed.; The Masterpiece Science Edition). Plume.
- Hanke, W.; Mach, B.; Dahlig-Turek, E.; Zabel, M.; Rafajłowicz, E.; Brzeziński, P. (2014). Punktoza czyli wskaźniki bibliometryczne stosowane przez KEJN w ocenie parametrycznej jednostek naukowych. *Forum Akademickie*, 9. <http://forumakademickie.pl/fa/2014/09/punktoza/>
- Harmon, M. (2012). *Step-By-Step Optimization with Excel Solver – The Excel Statistical Master*. Excel Master Series.
- Kellerer, H.; Pferschy, U.; Pisinger, D. (2004). *Knapsack problems*. Springer.
- Khuri, S., Bäck, T., & Heitkötter, J. (1994). The zero/one multiple knapsack problem and genetic algorithms. *Proceedings of the 1994 ACM Symposium on Applied Computing*, 188-193.
- Komunikat, Komunikat MNiSW sprawie wykazu czasopism naukowych i recenzowanych materiałów z konferencji międzynarodowych wraz z przypisaną liczbą punktów (2019). [http://www.bip.nauka.gov.pl/g2/oryginal/2019\\_08/a07248ec34e343035b433bb61f39c053.pdf](http://www.bip.nauka.gov.pl/g2/oryginal/2019_08/a07248ec34e343035b433bb61f39c053.pdf)
- Komunikat, Komunikat MNiSW w sprawie wykazu wydawnictw publikujących recenzowane monografie naukowe (2019). [http://www.bip.nauka.gov.pl/g2/oryginal/2019\\_12/9403b58df69c1fb6eee08a2225faf847.pdf](http://www.bip.nauka.gov.pl/g2/oryginal/2019_12/9403b58df69c1fb6eee08a2225faf847.pdf)

- Krawczyk, S. (2000). *Logistyka w zarządzaniu marketingiem*. Wydaw. Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu.
- Kulczycki, E. (2017). Punktoza jako strategia w grze parametrycznej w Polsce. *Nauka i Szkolnictwo Wyższe*, 49(1), 63-78. <https://doi.org/10.14746/nisw.2017.1.4>
- Kulczycki, E.; Drabek, A.; Rozkosz, E.A. (2015). Publikacje a zgłoszenia ewaluacyjne, czyli zniekształcony obraz nauki w Polsce. *Nauka*, 3, 35-58.
- Kulczycki, E.; Korytkowski, P. (2018). Redesigning the Model of Book Evaluation in the Polish Performance-based Research Funding System. *Journal of Data and Information Science*, 3(4), 60-72. <https://doi.org/10.2478/jdis-2018-0021>
- Martello, S.; Toth, P. (1997). *Knapsack problems: Algorithms and computer implementations*. Wiley.
- Mason, A.J.; Duininger, I. (2010). Open Solver: Open Source Optimisation for Excel. In A.J. Mason & M. Ehrgott (Eds.), *Proceedings of the 45th Annual Conference of the ORSNZ* (pp. 181-190). Operations Research Society of New Zealand.
- Mathews, G.B. (1896). On the Partition of Numbers. *Proceedings of the London Mathematical Society*, 28(1), 486-490.
- MNiSW (2019). *Koniec z punktozą. Nowy wykaz czasopism już jest*. Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego. <https://www.gov.pl/web/nauka/koniec-z-punktoza-nowy-wykaz-czasopism-juz-jest>
- Moore, M. (2017). *Mastering Excel: Goal Seek & Solver*. CreateSpace Independent Publishing Platform.
- Morawski, R. (2017). Nauka w czasach biurokracji. W: J. Sośnicka (Ed.), *Inżynier z duszą humanisty* (pp. 321-347). Wydaw. Naukowe Politechniki Łódzkiej.
- Morawski, R. (2019). Uwagi na temat ministerialnej listy wydawnictw punktowanych. W: *Szanse i wyzwania dla polskich wydawnictw i czasopism naukowych: Vol. LXX* (s. 59-66). Instytut Problemów Współczesnej Cywilizacji im. Marka Dietricha.
- Przewodnik. (2019). *Ewaluacja jakości działalności naukowej – Przewodnik*. MNiSW. <https://konstytucjadlanauki.gov.pl/content/uploads/2019/03/ewaluacja-jakosci-dzialalnosci-naukowej-przewodnik20190305.pdf>
- Ragsdale, C. (2017). *Spreadsheet Modelling & Decision Analysis : A Practical Introduction to Business Analytics* (8 edition). Cengage Learning.
- Raidl, G.R. (1998). An improved genetic algorithm for the multiconstrained 0-1 knapsack problem. *1998 IEEE International Conference on Evolutionary Computation Proceedings. IEEE World Congress on Computational Intelligence*, 207-211.
- Ranjan, C.K. (2017). Bibliometric Indices of Scientific Journals : Time to overcome the obsession and think beyond the Impact Factor. *Medical Journal Armed Forces India*, 73(2), 175-177. <https://doi.org/10.1016/j.mjafi.2017.03.008>
- Rozporządzenie, Rozporządzenie MNiSW w sprawie ewaluacji działalności naukowej (2019). <https://konstytucjadlanauki.gov.pl/content/uploads/2019/02/rozporzdzenie-ewaluacja-jakoci-dzialalnoci-naukowej.pdf>
- Rozporządzenie MNiSW zmieniające rozporządzenie w sprawie ewaluacji jakości działalności naukowej (2020).
- Rykiel, Z. (2014). Szaleństwo czy metoda? Modernizacja przez biurokratyzację i prekaryzację. *Przeźrenie Społeczna*, 4(2(8)), 7-60.
- Szczerbowski, T. (2017). Punktoza jako słowo ostatnich lat. *Poradnik Językowy*, 7, 80-87.

- Szeląg, A. (2019). *O ewaluacji jakości badań naukowych: Czy, gdzie i jak warto publikować*. Uniwersytet Medyczny im. Piastów Śląskiej We Wrocławiu. <https://www.umed.wroc.pl/content/o-ewaluacji-jakosci-badan-naukowych>
- Ustawa Prawo o Szkolnictwie Wyższym, Dz.U. 2018, poz. 1668 (2018). <http://prawo.sejm.gov.pl/isap.nsf/download.xsp/WDU20180001668/U/D20181668Lj.pdf>
- Ustawa O szczególnych instrumentach wsparcia w związku z rozprzestrzenianiem się wirusa SARS-CoV-2 (2020).

*Artykuł w wersji poprawionej wpłynął do Redakcji 21 października 2020 r.*

RYSZARD ROBERT GAJEWSKI

Faculty of Civil Engineering, Institute of Construction Engineering, Department of General Engineering, IT Team  
Warsaw University of Technology  
ORCID: 0000-0002-2521-6559

## EVALUATION OF SCIENCE DISCIPLINES AS A DISCREET KNAPSACK PROBLEM

KEYWORDS: Publishing logistics. Knapsack problem. Optimization

ABSTRACT: **Thesis/Objective** – Time and space planning, coordination and management of the publishing process to bring a research institution a maximum high evaluation may be understood as logistics. When the evaluation is only several months away one cannot really talk about planning – in that case all that is possible is to collect data and manage the outcome. **Research methods** – The author presents a solution prepared with Solver and OpenSolver spreadsheet and other tools. **Results/Conclusions** – Tools for automated modeling and simulation based on a discreet knapsack problem may help to evaluate points earned by a given discipline and control results of the ministerial evaluation. Generalized formulas presented by the author may also help to understand the mechanisms of the evaluation.