

ZARZĄDZANIE KOMPETENCJAMI W PLANOWANIU PROCESÓW DYDAKTYCZNYCH

Eryk SZWARC, Irena BACH-DĄBROWSKA

Streszczenie: Wśród szeregu funkcjonalności występujących w komercyjnie dostępnych pakietach oprogramowania wspomagającego zarządzanie uczelnią wyższą brak jest opcji umożliwiających planowanie potencjału dydaktycznego zatrudnianej w niej kadry. Brak takiej funkcjonalności uniemożliwia przeciwdziałanie przejawom niegospodarności związanym bądź to z przerostami kadrowymi, bądź ze zmianami wielkości naboru, czy też wreszcie z niepodejmowaniem nowych kierunków nauczania. W przedstawionym kontekście, celem niniejszej pracy jest przedstawienie modelu referencyjnego procesu dydaktycznego umożliwiającego wariantowanie decyzji związanych z zarządzaniem kompetencjami zatrudnianych pracowników. Deklaratywny charakter zaproponowanego modelu pozwala na jego bezpośrednią implementację w językach programowania z ograniczeniami, a w konsekwencji gwarantuje otwartą strukturę, wykorzystujących je, systemów wspomagania decyzji.

Słowa kluczowe: zarządzanie kompetencjami, planowanie obciążeń pracowników, model deklaratywny, Problem Spełniania Ograniczeń (PSO), System Wspomagania Decyzji (SWD).

1. Wstęp

Zmiany demograficzne oraz działania konkurencyjne wymuszają na władzach uczelni wyższych efektywne zarządzanie dysponowanymi przez nie zasobami. Jedną z kluczowych kwestii w tym zakresie jest zapewnienie ciągłości procesu kształcenia, rozumiane jako utrzymanie i/lub zapewnienie zasobów kompetencyjnych (pracowników dydaktycznych i naukowo dydaktycznych) niezbędnych do prowadzenia określonej puli przedmiotów. Oferowane zajęcia, z jednej strony winny zaspokajać oczekiwania programowe kształconych studentów, oczekiwania otoczenia społeczno-gospodarczego związane z potrzebami rynku pracy, z drugiej zaś strony wypełniać wymagane pensum dydaktyczne pracowników uczelni. Pojawiające się w tym kontekście zadania dotyczą m.in.:

- bilansowania kompetencji i liczby pracowników z oczekiwaniami związanymi z realizacją programowych zajęć na oferowanych kierunkach i specjalnościach,
- bilansowania kompetencji pracowników i realizowanego przez nich pensum dydaktycznego z potrzebami prowadzenia określonej puli przedmiotów,
- przydziału pracowników do określonych zajęć prowadzonych dla zadanych grup studenckich, przydziału spełniającego ograniczenia wynikające z dostępności pomieszczeń, limitu godzin, wielkości pensum, itp.,
- planowania struktury zatrudnienia pracowników dydaktycznych uczelni minimalizującego koszty uczelni przy zachowaniu limitów narzucanych przez wymogi spełnienia minimów kadrowych i kompetencji wymaganych przy realizacji zajęć.

Jest rzeczą oczywistą, że poszukiwanie rozwiązań powyższych zadań odbywa się zwykle

w warunkach ograniczonego budżetu. Celem wszystkich uczelni, tak publicznych, jak niepublicznych, jest optymalizacja kosztów procesu dydaktycznego (dążenie do kompromisu między kosztami a jakością kształcenia). Zatem coraz częściej władze sięgają po rozwiązania informatyczne, które wspomagają zarządzanie finansami, kadrami pracowniczą, projektami, jak również relacjami ze studentami. Spośród dostępnych na krajowym rynku pakietów oprogramowania dedykowanego uczelniom wyższym można wyróżnić następujące systemy:

- ProAkademia (APR System, www.apr.pl),
- SIMPLE.EDU (SIMPLE S.A., www.simple.com.pl),
- HMS Solutions (Kalasoft, www.kalasoft.pl/hms-solution),
- TETA EDU (Unit4, www.unit4.com/pl/sektory/edukacja),
- eUczelnia (Vorbus, www.vorbus.pl),
- ERP Egeria (Comarch, www.egeria.comarch.pl).

W aspekcie zagadnień związanych z obsługą procesu dydaktycznego narzędzia te pozwalają na ewidencję pensum pracowników, kontrolę pensum i kosztów przydziału zajęć, itp. Funkcjonalności tego typu systemów składające się na różne rozwiązania swoistych komputerowo zintegrowanych systemów zarządzania szkołą wyższą pokrywają w zasadzie wszystkie z wcześniej wymienionych obszarów. Dominująca strategia implementowana w tych systemach wiąże się z poszukiwaniem rozwiązań zaspokajających dane potrzeby (np. kształcenia na nowo otwartym kierunku) przy zadanych możliwościach (np. kadrowych, finansowych). Typowym w tym zakresie jest pakiet oprogramowania ProAkademia umożliwiający:

- optymalizację przydziału godzin zleconych pracownikom w taki sposób, by drogie godziny były uwzględnione w ich pensum, a tańsze rozliczone były w ramach godzin nadliczbowych,
- łączenie przedmiotów tego samego rodzaju (forma zajęć, liczba godzin itp.), oraz informowanie na bieżąco o liczbach godzin zaoszczędzonych z podziałem na formy zajęć.

Wspólnym niedostatkiem wymienionych rozwiązań jest brak możliwości wariantowania rozwiązań warunkujących zaspokojenie danych potrzeb, np. możliwości zatrudniania pracowników dydaktycznych w ramach umowy zlecenia, przeszkalania pracowników celem poszerzenia zakresu ich kompetencji, itp. Przykładowe oczekiwania wiążą się z pytaniem: jakie nowe kompetencje uzyskane przez jakich pracowników uczelni, w jakim wymiarze dodane, zapewnią równomierne obciążenie dydaktyczne pracowników? Dodatkowo ww. systemy nie uwzględniają danych nieprecyzyjnych i/lub niepewnych, danych związanych np. z wielkością przewidywanego naboru, „odsiewu” studentów na kolejnych semestrach i latach studiów, odejść na emeryturę pracowników, itp. Niniejsza praca ma na celu wskazanie potencjalnych rozwiązań, mogących poprawić zarządzanie kompetencjami i procesem dydaktycznym, dających decydentom szerszy zakres podejmowania decyzji, obejmujących mechanizmy wariantowania decyzji, odpowiadania na pytania uwzględniające tego typu kwestie.

Część druga zawiera uproszczony przykład ilustrujący 3 sytuacje planowania obciążeń dydaktycznych. W części trzeciej zaprezentowano model deklaratywny planowania procesu dydaktycznego. Czwarty rozdział przedstawia koncepcję implementacji opracowanego modelu w interakcyjnym systemie planowania procesów dydaktycznych. Opracowanie kończy podsumowanie i omówienie perspektywy dalszych działań.

2. Kwerendy

Podobnie, jak wybór kwerend poprzedza projektowane pod ich kątem bazy danych, tak również przyjęcie założeń determinujących repozytorium potencjalnych zapytań determinuje zakres zastosowań budowanych na ich użytek systemów wspomagania decyzji. W tym kontekście, niniejszy rozdział poświęcony jest ilustracji kwerend wpisujących się w zakres wspomnianej wcześniej funkcjonalności, w szczególności zadań bilansowania kompetencji pracowników i realizowanego przez nich pensum dydaktycznego z potrzebami prowadzenia określonej puli przedmiotów.

Innymi słowy rozważania tego rozdziału dotyczyć będą procesu obciążania dydaktycznego pracowników zatrudnionych w uczelni wyższej, rozumianego jako przydzielanie im określonej liczby godzin zajęć dydaktycznych. W celu ilustracji typowej sytuacji rozważmy przykład 1.

Przykład 1

Celem tego przykładu jest ilustracja kwerendy z zakresu planowania obciążeń bilansujących pensum dydaktyczne pracowników. Przyjmuje się, że w danej jednostce organizacyjnej (wydziale, instytucie), w ramach danego kierunku studiów, realizowanych jest 18 przedmiotów $P_1, \dots, P_i, \dots, P_{18}$. Każdy z nich prowadzony jest bądź w formie wykładu, bądź też ćwiczeń i charakteryzowany jest przez: liczbę przypisanych mu godzin oraz liczbę grup studenckich, dla których jest prowadzony. Przyjęte dane zostały przedstawione w tabeli 1. Dla przykładu:

- przedmiot P_1 ma formę wykładu, w wymiarze 15-stu godzin, na 1-szym semestrze i prowadzony jest dla 1-nej grupy;
- przedmiot P_2 ma formę ćwiczeń, w wymiarze 15-stu godzin, na 1-szym semestrze i prowadzony jest dla 4-ech grup;
- itd.

Tab. 1. Dane opisujące przedmiot (wersja 1)

| przedmiot atrybuty | P_1 | P_2 | P_3 | P_4 | P_5 | P_6 | P_7 | P_8 | P_9 | P_{10} | P_{11} | P_{12} | P_{13} | P_{14} | P_{15} | P_{16} | P_{17} | P_{18} |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| forma | wyk | ćw | wyk | ćw | wyk | Ćw | wyk | ćw | wyk | ćw | wyk | ćw | wyk | ćw | wyk | ćw | wyk | ćw |
| il. godz. | 15 | 15 | 30 | 15 | 30 | 15 | 30 | 15 | 15 | 15 | 30 | 15 | 30 | 15 | 30 | 30 | 30 | 15 |
| semestr | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| il. grup | 1 | 4 | 1 | 4 | 1 | 4 | 1 | 4 | 1 | 4 | 1 | 3 | 1 | 3 | 1 | 3 | 1 | 3 |

W rozważanej jednostce organizacyjnej zatrudnionych jest 4-ech pracowników E_1, E_2, E_3, E_4 . Każdy z pracowników posiada kompetencje upoważniające go do prowadzenia określonych grup przedmiotów, co zestawione zostało w tabeli 2, gdzie „1” oznacza posiadanie kwalifikacji certyfikujących daną kompetencję, zaś „0” oznacza jej brak, przykładowo:

- E_1 posiada kompetencje do prowadzenia $P_1, P_2, P_4, P_{11}, P_{12}$;
- E_2 posiada kompetencje do prowadzenia $P_2, P_3, P_4, P_{13}, P_{14}$;
- itd.

Tab. 2. Kompetencje pracowników

| przedmiot pracownik | P_1 | P_2 | P_3 | P_4 | P_5 | P_6 | P_7 | P_8 | P_9 | P_{10} | P_{11} | P_{12} | P_{13} | P_{14} | P_{15} | P_{16} | P_{17} | P_{18} |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| E_1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| E_2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| E_3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| E_4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |

Planowanie obciążenia dydaktycznego pracowników polega na przypisaniu każdemu z nich takich przedmiotów realizowanych w takim wymiarze, które gwarantuje spełnienie następujących wymagań:

1. przedmioty mogą być prowadzone tylko przez pracowników posiadających odpowiednie kompetencje,
2. przedmiot przypisany danej grupie prowadzony jest przez jednego pracownika,
3. obciążenie każdego pracownika jest nie mniejsze od przypisanego mu pensum 150 godzin,
4. łączne pensum wszystkich pracowników nie jest większe od sumarycznej liczby godzin zajęć koniecznych do przeprowadzenia we wszystkich grupach.

Dla tak określonych danych (tab. 1 i tab. 2) poszukiwana jest odpowiedź na pytanie: **Czy istnieje taki przydział godzin, który gwarantuje osiągnięcie wymaganego pensum przez wszystkich pracowników?**

Jedno z rozwiązań dopuszczalnych zostało przedstawione w tabeli 3, w której łatwo widać, że łączna liczba godzin przypisana do każdego z pracowników (ostatnia kolumna tabeli) przekracza założone pensum 150 godzin.

Tab. 3. Jedno z dopuszczalnych rozwiązań dla przykładu 1

| przedmiot pracownik | P_1 | P_2 | P_3 | P_4 | P_5 | P_6 | P_7 | P_8 | P_9 | P_{10} | P_{11} | P_{12} | P_{13} | P_{14} | P_{15} | P_{16} | P_{17} | P_{18} | Łączne obciążenie |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------------------|
| E_1 | 15 | 30 | 0 | 30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 | 45 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 150 |
| E_2 | 0 | 30 | 30 | 30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 | 45 | 0 | 0 | 0 | 0 | 165 |
| E_3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 | 60 | 30 | 30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 | 90 | 0 | 30 | 300 |
| E_4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 | 15 | 60 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 | 15 | 150 |

W przedstawionym przykładzie posiadane kompetencyjne zatrudnionych pracowników są wystarczające do zapewnienia realizacji procesu dydaktycznego. Jednocześnie spełnione jest również wymaganie związane z realizacją pensum dydaktycznego zatrudnionej kadry. W rzeczywistości mają miejsce sytuacje związane z ograniczoną dyspozycyjnością pracowników, rozumiane jako losowe wystąpienie takich zdarzeń, jak: niespodziewana absencja pracownika, zakończenie umowy, zmiana stanowiska, urlop macierzyński, itp., a także błędy prognoz dotyczące np. rekrutacji (skutkującej mniejszą liczbą grup studenckich na pierwszym semestrze), „odsiewu” po pierwszym semestrze, itp.

Przykład 2.

Celem tego przykładu jest ilustracja kwerendy z zakresu bilansowania kompetencji i pensów dydaktycznych pracowników spełniających ograniczenia wynikające z zakładanego rodzaju i liczby zajęć. Podobnie, jak w poprzednim przykładzie, przyjmuje się, że w danej jednostce organizacyjnej, w ramach danego kierunku studiów, realizowanych jest 18 przedmiotów $P_1, \dots, P_i, \dots, P_{18}$. Rozważana zmiana (zakłócenie) dotyczy liczby grup studenckich – niektóre z przedmiotów prowadzone są dla mniejszej niż poprzednio liczby grup. Zestawienie danych uwzględniających mniejszą liczbę grup dla przedmiotów $P_2, P_4, P_6, P_8, P_{10}$ przedstawia tabela 4.

Tab. 4. Przykładowe dane opisujące przedmioty (wersja 2)

| przedmiot atributy | P_1 | P_2 | P_3 | P_4 | P_5 | P_6 | P_7 | P_8 | P_9 | P_{10} | P_{11} | P_{12} | P_{13} | P_{14} | P_{15} | P_{16} | P_{17} | P_{18} |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| forma | wyk | ćw | wyk | ćw | wyk | ćw | wyk | ćw | wyk | ćw | wyk | ćw | wyk | ćw | wyk | ćw | wyk | ćw |
| il. godz. | 15 | 15 | 30 | 15 | 30 | 15 | 30 | 15 | 15 | 15 | 30 | 15 | 30 | 15 | 30 | 30 | 30 | 15 |
| rok | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| il. grup | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 3 | 1 | 3 | 1 | 3 | 1 | 3 |

W rozważanej sytuacji brak jest wariantu obciążeń gwarantującego wymaganego pensum dydaktycznego pracowników. Przykładowe rozwiązanie niespełniające założonych wymagań prezentuje tabela 5, w której widać, że dwóch pracowników (E_1 , E_2) jest niedociążonych. Warto zauważyć, że pracownik E_3 przekracza swoje pensum o 60 godzin. Godziny te mogłyby zostać przydzielone innym niedociążonym pracownikom – nie jest to jednak możliwe ze względu na brak odpowiednich kompetencji wśród zatrudnionej kadry. W rozważanej sytuacji w naturalny sposób rodzi się pytanie: jak ograniczenia zakresu kompetencji pracowników wpływają na możliwość wykonania przypisanego im pensum w sytuacji zmian rynku pracy (implikujących zmianę oczekiwań nowo rekrutowanych roczników). W szczególności często formułowanym pytaniem jest to stanowiące przedmiot poniższego przykładu.

Tab. 5. Rozwiązanie niespełniające wymagań dla przykładu 2

| przedmiot pracownik | P_1 | P_2 | P_3 | P_4 | P_5 | P_6 | P_7 | P_8 | P_9 | P_{10} | P_{11} | P_{12} | P_{13} | P_{14} | P_{15} | P_{16} | P_{17} | P_{18} | Łączne obciążenie |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------------------|
| E_1 | 15 | 15 | 0 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 | 45 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 120 |
| E_2 | 0 | 15 | 30 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 | 45 | 0 | 0 | 0 | 0 | 135 |
| E_3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 | 30 | 30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 | 90 | 0 | 0 | 210 |
| E_4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 | 15 | 30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 | 45 | 150 |

Przykład 3.

Celem tego przykładu jest ilustracja kwerendy z zakresu planowania kompetencji bilansujących pensum dydaktyczne pracowników przy ograniczeniach wynikających z zakładanego rodzaju i liczby zajęć. W tym kontekście, dla przyjętych danych z przykładu 2 rozważa się pytanie: jak należałoby zmienić zakres kompetencji zatrudnionych pracowników, aby mogli zrealizować swoje pensum dydaktyczne (150 godz.)? W szczególności, przyjmując, że jednostkę organizacyjną stać na przeszkolenie pracowników z maksymalnie czterech przedmiotów, pytanie to sprowadza się do postaci: jakie kompetencje, którzy pracownicy winni zdobyć, aby można było zagwarantować realizację pensum wszystkim pracownikom? Jedno z możliwych rozwiązań sprowadza się do poszerzenia zakresu kompetencji pracownikowi E_1 z przedmiotu P_{16} oraz pracownikowi E_2 z przedmiotu P_6 , patrz tabela 6. Rozwiązanie takie zapewnia pensum każdemu z pracowników, patrz tabela 7.

Tab. 6. Kompetencje pracowników po ich uzupełnieniu

| przedmiot pracownik | P_1 | P_2 | P_3 | P_4 | P_5 | P_6 | P_7 | P_8 | P_9 | P_{10} | P_{11} | P_{12} | P_{13} | P_{14} | P_{15} | P_{16} | P_{17} | P_{18} |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| E_1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| E_2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| E_3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| E_4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |

Tab. 7. Rozwiązanie spełniające wymagania dla przykładu 3

| przedmiot pracownik | P_1 | P_2 | P_3 | P_4 | P_5 | P_6 | P_7 | P_8 | P_9 | P_{10} | P_{11} | P_{12} | P_{13} | P_{14} | P_{15} | P_{16} | P_{17} | P_{18} | Łączne obciążenie |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------------------|
| E_1 | 15 | 15 | 0 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 | 45 | 0 | 0 | 0 | 30 | 0 | 0 | 150 |
| E_2 | 0 | 15 | 30 | 15 | 0 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 | 45 | 0 | 0 | 0 | 0 | 150 |
| E_3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 | 15 | 30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 | 60 | 0 | 0 | 165 |
| E_4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 | 15 | 30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 | 45 | 150 |

Przedstawione przykłady nie wyczerpują oczywiście repertuaru potencjalnych decyzji i związanych z nimi pytań. Oznacza to, że jakkolwiek próba budowy systemu wspomagającego podejmowanie decyzji musi się wiązać z przyjęciem profilu związanych z nim zadań. Inaczej mówiąc, musi być dedykowana potrzebom wynikającym ze specyfiki

zadanego, z góry ustalonego, repozytorium kwerend. Z perspektywy systemu klient-konsument pytania tego typu dzielą się na dwie kategorie: Czy jednostka dysponująca danym potencjałem (kadra i jej kompetencje) może spełnić oczekiwania procesu kształcenia (liczba grup studenckich i przypisane im przedmioty) przy zadanych ograniczeniach (limity pensum, godzinowe limity zajęć studentów i pracowników, itp.)? Jaka jednostka, dysponująca jakim potencjałem (kadra i jej kompetencje), może spełnić oczekiwania procesu kształcenia (liczba grup studenckich i przypisane im przedmioty) przy zadanych ograniczeniach (limity pensum, godzinowe limity zajęć studentów i pracowników itp.)?

Warto zauważyć, że przyjęcie repozytorium kwerend, wymusza z kolei, ustalenie założeń składających się na model, w środowisku którego poszukiwane są odpowiedzi. W szczególności oznacza to, że tak rozwiązania, jak i metody ich poszukiwania (rozwiązywania problemów związanych z kwerendami) winny się również wyrażać w terminach przyjętego modelu – w rozważanym przypadku modelu planowania procesu dydaktycznego.

3. Planowanie procesu dydaktycznego - model deklaratywny

Przedstawione wcześniej przykłady pozwalają wyodrębnić dwie klasy, występujących w nich elementów, składające się na: zbiory zmiennych decyzyjnych i wiążących je ograniczeń.

Zmienne decyzyjne

1. **Uczelnia W .** Zbiór jednostek organizacyjnych wchodzących w skład uczelni:

$$W = \{W^1, \dots, W^q, \dots, W^{lw}\}, \quad (1)$$

gdzie:

W^q – q -ta jednostka organizacyjna (wydział/institut) uczelni W ,
 lw – liczba jednostek uczelni W .

2. **Kursy.** Zbiór kursów prowadzonych w jednostce W^q :

$$K^q = \{K_1^q, \dots, K_e^q, \dots, K_{lk(q)}^q\}, \quad (2)$$

gdzie:

K_e^q – e -ty kurs prowadzony w q -tej jednostce organizacyjnej,
 $lk(q)$ – liczba kursów prowadzonych na wydziale W^q .

3. **Przedmioty.** Zbiór przedmiotów prowadzonych w ramach kursu K_e^q :

$$P_e^q = \{P_{e,1}^q, \dots, P_{e,i}^q, \dots, P_{e,lp(e,q)}^q\}, \quad (3)$$

gdzie:

$P_{e,i}^q$ – i -ty przedmiot prowadzony w ramach e -tego kursu jednostki W^q ,
 $lp(e, q)$ – liczba przedmiotów prowadzonych w ramach kursu K_e^q .

Każdy przedmiot $P_{e,i}^q$ opisany jest przez czwórkę:

$$P_{e,i}^q = (r_{e,i}^q, l_{e,i}^q, y_{e,i}^q, h_{e,i}^q), \quad (4)$$

gdzie:

- $r_{e,i}^q$ – rodzaj zajęć ($r_{e,i}^q \in \{\text{„wykład”}, \text{„ćwiczenia”}, \text{„konwersatorium”}, \text{„laboratorium”}, \text{„projekt”}, \text{„seminarium”}\}$),
- $l_{e,i}^q$ – liczba godzin przypisanych do przedmiotu ($l_{e,i}^q \in \mathbb{N}$),
- $y_{e,i}^q$ – rok, w którym jest realizowany dany przedmiot ($y_i \in \mathbb{N}$),
- $h_{e,i}^q$ – liczba grup studenckich przypisanych do przedmiotu ($h_{e,i}^q \in \mathbb{N}$).

4. Pracownicy. Zbiór pracowników zatrudnionych w q -tej jednostce organizacyjnej:

$$E^q = \{E_1^q, \dots, E_k^q, \dots, E_{lk(q)}^q\}, \quad (5)$$

gdzie:

- E_k^q – k -ty pracownik zatrudniony w q -tej jednostce organizacyjnej,
- $lk(q)$ – liczba pracowników q -tej jednostce organizacyjnej.

Każdy E_k^q , pracownik opisany jest przez parę:

$$E_k^q = (s_k^q, g_k^q), \quad (6)$$

gdzie:

- s_k^q – liczba godzin pensum k -tego pracownika ($s_k^q \in \mathbb{N}$),
- $g_k^q = (g_{k,e,i}^{q,q'} | e = 1 \dots lk(q); i = 1 \dots lp(e, q); q' = 1 \dots lw)$ – wektor kompetencji pracownika E_k^q , charakteryzujący możliwość prowadzenia wybranych (i -tych) przedmiotów na (e -tych) kursach prowadzonych przez (q' -tą) jednostkę organizacyjną: $g_{k,e,i}^{q,q'} \in \{0, 1\}$ i $g_{k,e,i}^{q,q'} = 1$ gdy pracownik E_k^q jest kompetentny do prowadzenia i -tego przedmiotu e -tego kursu w q' -tej jednostce organizacyjnej ($g_{k,e,i}^{q,q'} = 0$ w przeciwnym wypadku).

5. Obciążenie. Obciążenie pracowników E^q wynikające z prowadzonych kursów K^q opisuje zbiór:

$$X^q = \{x_{k,e,i}^{q,q'} | e = 1 \dots lk(q); i = 1 \dots lp(e, q); q' = 1 \dots lw\} \quad (7)$$

gdzie:

- $x_{k,e,i}^{q,q'}$ – należy rozumieć jako liczba godzin realizowanych przez pracownika E_k^q na rzecz przedmiotu $P_{e,i}^{q'}$, realizowanego w ramach kursu $K_e^{q'}$ przy czym $x_{k,e,i}^{q,q'} \in \{0, 1, \dots, l_{e,i}^{q'} \cdot h_{e,i}^{q'}\}$ (gdy $q \neq q'$ pracownik realizuje zajęcia w jednostce, w której nie jest zatrudniony).

Ograniczenia

1. Zajęcia mogą być prowadzone tylko przez pracowników posiadających odpowiednie kompetencje:

$$x_{k,e,i}^{q,q'} = 0, \quad \text{gdym } g_{k,e,i}^{q,q'} = 0. \quad (8)$$

2. Wszystkie godziny zajęć przedmiotu $P_{e,i}^{q'}$ winny być zrealizowane:

$$\sum_{q=1}^{lw} \sum_{k=1}^{le(q)} x_{k,e,i}^{q,q'} = l_{e,i}^{q'} \cdot h_{e,i}^{q'} \quad (9)$$

dla $e = 1 \dots lk(q')$; $q' = 1 \dots lw$; $i = 1 \dots lp(e, q')$

3. Wykonanie pensum s_k^q przypisanego każdemu pracownikowi E_k^q winno być zagwarantowane:

$$\sum_{q'=1}^{lw} \sum_{e=1}^{lk(q')} \sum_{i=1}^{lp(e,q')} x_{k,e,i}^{q,q'} \geq s_k^q, \quad \text{dla } q = 1 \dots lw; k = 1 \dots le(q), \quad (10)$$

4. Zajęcia danej grupy studenckiej winny być prowadzone przez jednego pracownika (tego samego):

$$x_{k,e,i}^{q,q'} \in \{ \alpha \cdot l_{e,i}^q \mid \alpha = 0, \dots, h_{e,i}^q \}, \quad (11)$$

dla $e = 1 \dots lk(q)$; $i = 1 \dots lp(e, q)$; $q' = 1 \dots lw$

5. Sumaryczne pensum wszystkich pracowników jednostki W^q musi być mniejsze lub równe łącznej liczbie godzin przez nią realizowanych:

$$z \cdot \sum_{k=1}^{le(q)} s_k^q \leq \sum_{e=1}^{lk(q)} \sum_{i=1}^{lp(e,q)} l_{e,i}^q \cdot h_{e,i}^q, \quad (12)$$

gdzie: $z \geq 1$ - współczynnik określający minimalny nadmiar godzin (ponad pensum) realizowanych przez zatrudnionych pracowników.

Wymienione wyżej zbiory zmiennych decyzyjnych i łączących je ograniczeń składają się na model deklaratywny planowania procesu dydaktycznego, w szczególności przyjmującego postać problemu spełniania ograniczeń [1, 4, 7].

Problem Spełniania Ograniczeń

Przyjmując, że dla danej jednostki organizacyjnej W^q znane są zbiory:

$V^q = \{K^q, E^q, X^q\}$ – zmiennych decyzyjnych, na które składają się: zbiór kursów K^q , zbiór pracowników E^q i obciążenie X^q ;

D^q – dziedzin, określających dopuszczalne wartości zmiennych decyzyjnych $K^q \subset \mathbb{K}$ (\mathbb{K} – zbiór dopuszczalnych wariantów kursów prowadzonych w jednostce);

$E^q \subset \mathbb{E}$ (\mathbb{E} – zbiór dostępnych na rynku pracowników); $X^q: x_{k,e,i}^{q,q'} \in \mathbb{N}$;

C^q – ograniczeń (8) – (12),

rozważany problem spełnienia ograniczeń przyjmuje poniższą postać:

$$PS^q = ((V^q, D^q), C^q) \quad (13)$$

Jego rozwiązanie sprowadza się do znalezienia wartości zmiennych V^q , dla których

spełnione są wszystkie ograniczenia ze zbioru C^q . W szczególności rozwiązanie problemu (13) (przy założeniu znajomości wartości niektórych zmiennych decyzyjnych) pozwala uzyskać odpowiedź na następujące instancje problemów planowania procesu dydaktycznego:

- a) Dane są zbiory: kursów K^q i pracowników E^q . Czy istnieje takie obciążenie X^q , które gwarantuje każdemu z pracowników jednostki wykonanie przypisanego mu pensum dydaktycznego?
- b) Dane są zbiory: kursów K^q i pracowników E^q . Czy wśród pracowników E^q istnieje taki podzbiór pracowników $E' \subseteq E^q$, których przeszkolenie gwarantuje obciążenie X^q zapewniające pensum dla każdego z pracowników?
- a. A jeśli tak, to jaki jest minimalny (najmniej liczny) zbiór E' ? ($|E'| \rightarrow \min$)
- c) Dane są zbiory: kursów K^q i pracowników E^q . Jaki najmniej liczny zbiór grup studenckich wybranych kursów $K' \subseteq K^q$ gwarantuje obciążenie X^q zapewniające pensum dla każdego z pracowników?
- d) Dane są zbiory: kursów K^q i pracowników E^q . Czy istnieje taki zbiór kompetencji $G' \subseteq G^q = \{g_k^q | k = 1 \dots le(q)\}$ pracowników E^q , który gwarantuje obciążenie X^q zapewniające pensum dla każdego z pracowników?
- e) itd.

Zaletą przyjętego modelu deklaratywnego oraz wynikającego z niego problemu spełnienia ograniczeń jest jego „otwarta struktura”. Warto zauważyć, że przyjęcie podobnych modeli dla różnych jednostek W^q pozwala rozważać model problemu planowania procesu dydaktycznego w większej skali. Przykładowo problem spełniania ograniczeń dla całej uczelni W może być traktowany jako kompozycja problemów opisujących poszczególne jednostki $W^1, W^2, \dots, W^q, \dots, W^{lw}$:

$$PS = PS^1 \oplus PS^2 \oplus \dots \oplus PS^q \oplus \dots \oplus PS^{lw} , \quad (14)$$

gdzie:

$PS^a \oplus PS^b = PS^d$ – oznacza kompozycję problemów spełniania ograniczeń $PS^a = ((V^a, D^a), C^a)$ i $PS^b = ((V^b, D^b), C^b)$, której wynikiem jest $PS^d = ((V^d, D^d), C^d)$ taki, że: $V^d = V^a \cup V^b$, $D^d = D^a \cup D^b$, $C^d = C^a \cup C^b$.

W analogiczny sposób mogą być rozważane rozszerzenia PSO uwzględniające rzeczywiste warunki panujące na uczelniach wyższych, tzn. ograniczenia wynikające z dostępności sal zajęciowych, dopuszczalnego wymiaru pracy pracowników, minimum kadrowego na danym kierunku, itp.

Inną ważną zaletą przyjętego modelu jest możliwość implementacji związanego z nią problemu PSO na platformach programowania z ograniczeniami OzMozart [2, 3], ECLiPS^e[810], ILOG [5, 6], itp.

Ponieważ ze specyfiki PSO wynika, że rozwiązywane problemy mogą być formułowane jako pytania typu:

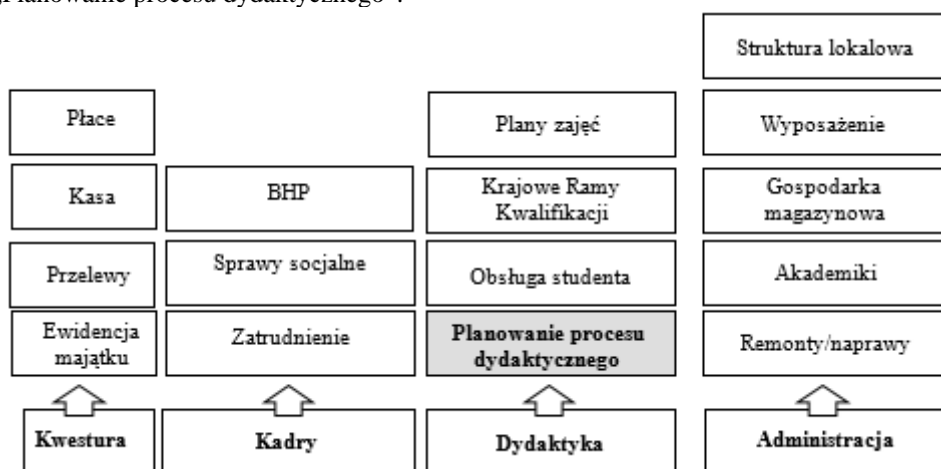
- Jakie przesłanki implikują oczekiwaną konkluzję?
- Wynikiem jakich przesłanek jest dana konkluzja?

wcześniej wspomniana perspektywa systemu klient-konsument pozwala na naprzemienne, w trybie interakcyjnym planowanie procesu dydaktycznego. W szczególności oznacza to możliwość implementacji rozważanego modelu w systemie interakcyjnego wspomaganego planowania, umożliwiającego naprzemienne poszukiwanie odpowiedzi na pytania typu: Czy dany potencjał jednostki gwarantuje spełnienie oczekiwań danego procesu kształcenia? Jaki

potencjał jednostki spełni oczekiwania procesu kształcenia?

4. Interakcyjny system planowania procesu dydaktycznego

Jak już wspomniano, funkcje planowania dydaktycznego realizowane w systemach zarządzania szkoł wyższych wspomagają zwykle tylko jeden z wielu obszarów składających się na jej działalność. Przyjmując, że działaniu każdego obszaru przypisana jest stosowna funkcjonalność, realizująca poprzez odrębne moduły składające się na nią funkcje szczegółowe (sytuację tę ilustruje rys. 1), funkcjonalność „Dydaktyka” obejmuje moduł „Planowanie procesu dydaktycznego”.

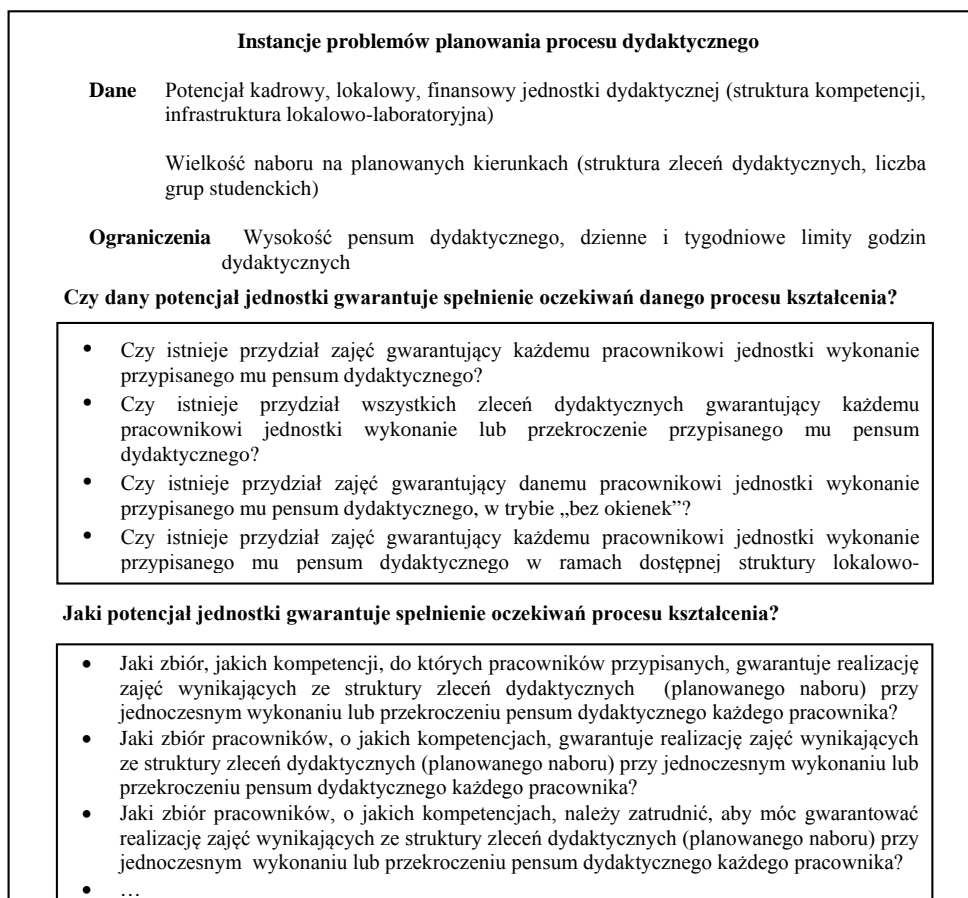


Rys. 1. Przykładowa struktura obszarów działalności szkoły wyższej

Funkcje modułu planowania procesu dydaktycznego realizują scenariusze odpowiadające przyjętym kwerendum. Jak już wspomniano, dostępne rozwiązania systemów zarządzania nie pozwalają na analizę problemów zarządzania kompetencjami pracowników jednostki, ograniczając się do kwerend składających się na kategorię: Czy dany potencjał jednostki gwarantuje spełnienie oczekiwań danego procesu kształcenia? W ogólnym przypadku, funkcje tego modułu można jednak rozszerzyć o interesujący nas obszar, w szczególności rozszerzając go o zbiór kwerend wchodzący w skład kategorii: Jaki potencjał jednostki gwarantuje spełnienie oczekiwań procesu kształcenia? Omawianą sytuację ilustruje rys. 2.

Możliwość naprzemiennego udzielania odpowiedzi na pytania typu: Czy dana przesłanka implikuje pożądaną konkluzję? Czy istnieje przesłanka implikująca zadaną konkluzję? pozwala rozważać (rozgrywać) różne scenariusze związane z rozważanymi sytuacjami decyzyjnymi. Rozgrywanie tego typu scenariuszy przypomina przebieg klasycznej symulacji komputerowej. Przykładowo, w trybie tym, planista jest w stanie ocenić możliwość wykonania zadanej struktury zleceń dydaktycznych determinowaną np. przez dostępny potencjał kadrowy oraz lokalowo-laboratoryjny jednostki. W każdym scenariuszu planowania ustalane są nowe dane dotyczące np. zakresu kompetencji poszczególnych pracowników, dostępności sal wykładowych, liczby grup studenckich, itp.

Przedstawione oczekiwania mogą być zrealizowane w istniejących (po wprowadzeniu odpowiednich nakładów programowych) lub w nowo projektowanych systemach wspomagania decyzji. Dostępny w tego typu systemach zbiór „folderów” i „zakładek” pozwala ustalić wartości wybranych elementów determinujących *potencjał kadrowy*,



Rys. 2. Funkcje planowania procesu dydaktycznego

lokalowy, finansowy jednostki dydaktycznej i wielkość naboru na planowanych kierunkach. Będący w dyspozycji (wynikający ze specyfiki przyjętego modelu) zestaw zakładek może obejmować: strukturę kompetencji, infrastrukturę lokalowo-laboratoryjną, strukturę zleceń dydaktycznych, liczbę grup studenckich (nominalne, rozmyte), koszty realizacji zleceń dydaktycznych, a także ograniczenia regulujące wysokość pensum dydaktycznego, dzienne i tygodniowe limity godzin dydaktycznych oraz ministerialne regulacje dotyczące konieczności zapewnienia minimum kadrowego na kierunku (tzw. przelicznika liczby studentów na wykładowcę), ustalające minima programowe, itp.

5. Zakończenie

Przedstawiony w pracy model referencyjny procesu dydaktycznego umożliwia wariantowanie decyzji związanych z zarządzaniem kompetencjami zatrudnianych pracowników. Deklaratywny charakter zaproponowanego modelu pozwala na jego bezpośrednią implementację w językach programowania z ograniczeniami, a w konsekwencji gwarantuje otwartą strukturę wykorzystujących je systemów wspomagania decyzji.

Możliwość poszukiwania (w oparciu o mechanizmy wnioskowania w przód) odpowiedzi na pytania typu: Czy dany potencjał jednostki gwarantuje spełnienie oczekiwań danego procesu kształcenia? oraz pytania (w oparciu o mechanizmy wnioskowania wstecz): Jaki potencjał jednostki gwarantuje spełnienie oczekiwań procesu kształcenia? pozwala, wykorzystać rozważaną klasę systemów również do wyznaczania planów zajęć w problemach typu:

- Wiadomo jakie grupy, przez kogo prowadzone, w jakich salach, przez ile godzin mają odbywać swoje cotygodniowe zajęcia. Czy istnieje rozkład zajęć gwarantujący „bezokienkową” pracę wykładowców, obciążenie sal oraz obsługę grup studenckich?
- Wiadomo jakie grupy, przez kogo prowadzone, w jakich salach mają odbywać swoje cotygodniowe zajęcia. Czy istnieje taki zbiór terminów rozpoczynania zajęć oraz taka ich kolejność, która umożliwia „bez okienkową” (zarówno dla wykładowców jak i dla grup studenckich) realizację zajęć?

Warto zauważyć, że brak rozwiązań problemów należących do pierwszej z wyżej wymienionych grup problemów wynika z ich diofantycznego charakteru [9]. Oznacza to, że pożądany harmonogram zajęć, na ogół łatwiej osiąga się poprzez wyznaczenie (zmianę) odpowiednich ograniczeń (tutaj czasów trwania zajęć) gwarantujących oczekiwane jego funkcjonowanie, niż na drodze analizy potencjalnych (rosnących wykładniczo) wariantów wynikających z arbitralnie zadanych ograniczeń.

W tym kontekście przyszłe badania będą dotyczyć budowy podsystemu planowania procesu dydaktycznego obejmującego takie funkcjonalności, jak: planowanie obciążeń, zarządzanie kompetencjami, planowanie zajęć, itp., i jego wykorzystaniu w wybranym systemie zarządzania szkołą wyższą.

Literatura

1. Banaszak Z., Bocewicz G., Declarative modeling driven approach to production orders portfolio prototyping, *New Frontiers in Information and Production Systems Modeling and Analysis. Incentive Mechanism, Competence Management, Knowledge-based Production*. Eds. Różewski P., Bakhtadze N., Novikov D., Zaikin O., Springer 2016, pp. 141-168.
2. Bocewicz G., Banaszak Z., Declarative approach to cyclic steady state space refinement: periodic process scheduling. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 67, 137–155.
3. Bocewicz G., Banaszak Z., Nielsen I., Multimodal processes prototyping subject to fuzzy operation time constraints. *Preprints of the 15th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing*, May 11-13. Ottawa, Canada, 2171-2176.
4. Bocewicz G., Muszyński W., Banaszak Z., Deklaratywny model wielorobotowego systemu inspekcji pomieszczeń zamkniętych. In: *Automatyka*, Tom 15, Zeszyt 2, 2011, 81–90.
5. Dang Q.-V., Nielsen I., Steger-Jensen K., Madsen O., Scheduling a single mobile robot for part-feeding tasks of production lines. *Journal of Intelligent Manufacturing*, Vol. 25, 1-17.
6. Nielsen I., Bocewicz G., Dung D.A., Production and Resource Scheduling in Mass Customization with Dependent Setup Consideration. *Proceedings of the 7th World Conference on Mass Customization, Personalization, and Co-Creation (MCPC 2014)*, *Lecture Notes in Production Engineering*, 461–472.

7. Schulte CH., Smolka G., Wurtz J., Finite Domain Constraint Programming in Oz, DFKI OZ documentation series, German Research Center for Artificial Intelligence, Stuhlsaltzenhausweg 3, D-66123 Saarbrücken, Germany, 1998.
8. Sitek P., Wikarek J., Hybrid Solution Framework for Supply Chain Problems. Distributed Computing and Artificial Intelligence (DCAI 2014), Book Series: Advances in Intelligent Systems and Computing, Vol. 290, 11-18.
9. Smart Nigel P., The Algorithmic Resolution of Diophantine Equations. London Mathematical Society Student Text, 41. Cambridge University Press, Cambridge, 1998.

Mgr inż. Eryk SZWARC
Zakład Podstaw Informatyki i Zarządzania
Wydział Elektroniki i Informatyki
Politechnika Koszalińska
75-453 Koszalin, ul. Śniadeckich 2
tel.: (94) 3478743
e-mail: eryk.szwarz@tu.koszalin.pl

Dr inż. Irena BACH-DĄBROWSKA
Katedra Zarządzania
Wydział Finansów i Zarządzania
Wyższa Szkoła Bankowa w Gdańsku
80-266 Gdańsk, Al. Grunwaldzka 238A
tel.: (58) 522 7543
e-mail: ibach@wsb.gda.pl