

ERYK SZWARC
GRZEGORZ BOCEWICZ

Wydział Elektroniki i Informatyki
Politechniki Koszalińskiej

KOMPETENCJE KADRY AKADEMICKIEJ I MINIMA KADROWE W PLANOWANIU OBSADY ZAJĘĆ DYDAKTYCZNYCH

1. Wstęp

Planowanie obsady zajęć dydaktycznych na uczelni wyższej polega na przydzieleniu określonej liczby godzin zajęć dydaktycznych poszczególnym nauczycielom akademickim. Oczywiście jest, że zajęcia prowadzone w ramach danych przedmiotów, winni realizować nauczyciele kompetentni, tzn. wykształceni kierunkowo/obszarowo, ze stosownym dorobkiem naukowym i/lub badawczym, a także udokumentowanymi osiągnięciami praktycznymi/ gospodarczymi/administracyjnymi.

Przydział pracownika do określonego przedmiotu odbywa się na zasadzie jego deklaracji do prowadzenia danego przedmiotu. W praktyce jednak, pracownik deklarujący swoją gotowość do prowadzenia danej puli przedmiotów ma świadomość, że do części z nich jest bardziej predysponowany, a do innych mniej. Na przykład, nauczyciel z doświadczeniem w programowaniu może poprowadzić przedmiot dotyczący metod numerycznych, ale jego predyspozycje (kompetencje) nie są w pełni dopasowane do wymagań przedmiotu; prowadzący może mieć np. większe doświadczenie w zakresie metod rozwiązywania układów równań liniowych niż w zakresie układów równań nieliniowych, wymagających bardziej zaawansowanej wiedzy. W pracy [8] zauważono, że niedopasowanie nauczycieli do przedmiotów pod kątem predyspozycji wynikających z kompetencji ma istotny wpływ na jakość kształcenia.

Oprócz ograniczeń kompetencyjnych dostępnej kadry w planowaniu obsady zajęć istotną rolę odgrywają przyjęte regulacje legislacyjne (ustawodawcze) danego kraju oraz zakłócenia organizacji procesu dydaktycznego (zmiana wielkość naboru studentów, dostępność wykwalifikowanej kadry itp.). Dla przykładu, w Polsce, prowadzenie każdego kierunku studiów wymaga określonej minimalnej liczby nauczycieli akademickich (zatrudnionych w pełnym wymiarze czasu

pracy), o określonych kompetencjach wliczanych do tzw. minimum kadrowego [16].

Planowanie obsady zajęć dydaktycznych na uczelniach wyższych odbywa się na ogół ręcznie, metodą prób i błędów. Stan ten potwierdzają m.in. prace [8, 11], przedstawiające wyniki wywiadów przeprowadzonych wśród kilkunastu jednostek organizacyjnych uczelni azjatyckich, europejskich i australijskich. Oczywiście często wykorzystywane są również dedykowane moduły systemów klasy ERP lub zadaniowo dedykowane pakiety oprogramowania użytkowego [9, 12], wspomagające planistę w zadaniach planowania zajęć dydaktycznych i/lub nauczycielskiej obsady przedmiotów. Dostępne rozwiązania preferują problemy planowania zdefiniowane w postaci typowej dla pytań: Czy wielkość dostępnej kadry akademickiej gwarantuje obsługę zadanej liczby grup studenckich? Czy struktura dostępnej kadry akademickiej spełnia ograniczenia minimów programowych? Brak jakichkolwiek doświadczeń odnotowuje się natomiast w zakresie pytań typu: Czy wielkość i kompetencje dostępnej kadry akademickiej gwarantują obsługę zadanej liczby grup studenckich? Czy struktura kompetencji członków dostępnej kadry akademickiej spełnia ograniczenia minimów programowych? Jak liczna kadra akademicka, o jakim zakresie kompetencji wystarcza do obsługi zadanej liczby grup studenckich? Jaka struktura kompetencji, jak licznej kadry akademickiej wystarcza do obsługi zadanej liczby grup studenckich przy spełnieniu znanych, wymaganych przez ograniczenia, minimów programowych?

W przedstawionym kontekście, głównym celem niniejszej pracy jest przedstawienie modelu deklaratywnego umożliwiającego formułowanie problemów obsady zajęć dydaktycznych zaliczanych do drugiej z wyżej przedstawionych grup. Z kolei, celem załączonego eksperymentu komputerowego jest ilustracja możliwości implementacji zaproponowanego modelu w pakiecie oprogramowania użytkowego zorientowanego na wykorzystanie w komercyjnie dostępnych pakietach zarządzania uczelnią wyższą.

Kolejny rozdział przedstawia przegląd wybranych pozycji literatury przedmiotu pracy. Jego konkluzje związane z klasyfikacją typowych, najczęściej spotykanych problemów planowania obsady zajęć dydaktycznych oraz dostępnych pakietów oprogramowania wykorzystywanych przy ich rozwiązywaniu przedstawia rozdział 3. Rozdział 4 omawia model deklaratywny wybranej klasy problemów obsady zajęć. Jego komputerową implementację oraz przykład ilustrujący możliwości praktycznego wykorzystania proponowanego modelu przedstawia rozdział 5. Podsumowanie uzyskanych wyników oraz kierunki przyszłych badań zawiera rozdział 6.

2. Przegląd literatury

Układanie planów zajęć i stojący za nim problem planowania obsady zajęć dydaktycznych zwykle rozważane są w kategoriach optymalizacji wielokryterialnej [4, 5, 7]. Planowanie zajęć, określane w literaturze mianem harmonogramowania (prowadzącego do wyznaczania rozkładów (timetabling) zajęć, połączeń komunikacyjnych itp.) zajęć stanowi w swej istocie problem wielokryterialny – problem opisany i analizowany za pomocą narzędzi z dziedziny programowania wielokryterialnego (celowego). Istotą programowania celowego jest sprowadzenie wielokryterialnego problemu decyzyjnego do problemu jednokryterialnego poprzez określenie poziomów aspiracji – wartości docelowych poszczególnych kryteriów. Zmienne decyzyjne tak zmodyfikowanego modelu programowania celowego opisują różnice pomiędzy bieżącymi wartościami kryteriów a sformułowanymi dla nich poziomami aspiracji, natomiast funkcja celu przyjmuje postać ważonej sumy tych różnic.

W praktyce rozkłady zajęć (harmonogramy) mogą być optymalizowane nie tylko ze względu na łączną liczbę „okienek” (czyli niechcianych przerw pomiędzy zajęciami dydaktycznymi), preferencje nauczycieli akademickich, preferencje studentów, obłożenie (stopień wykorzystania) pomieszczeń zajęciowych, lecz także ze względu na poziom wykorzystania innych zasobów, jakimi są kompetencje kadry akademickiej. Ostatni z wymienionych czynników, związany z problematyką planowania obsady zajęć dydaktycznych posiada decydujący wpływ tak na jakość procesu dydaktycznego, jak i na optymalne wykorzystywanie potencjału intelektualnego dostępnej kadry. Problematyka obsady zajęć (analogia do alokacji zasobów systemu produkcyjnego do czynności realizowanych w nim procesów) stanowi przedmiot wielu prac odwołujących się do różnych modeli optymalizacji poziomu wykorzystania zasobów [1, 2, 3, 4, 6, 10, 14, 15]. Przykładem jednego z nich, najczęściej wykorzystywanego, jest model opisujący sytuację, w której znana jest przydatność (ocena stopnia kompetencji) poszczególnych członków kadry dydaktycznej do prowadzenia zajęć przedmiotów ustalonych w ramach np. przyjętych programów kształcenia. Każdy z wykładowców może prowadzić tylko jeden przedmiot, a każdy z tych przedmiotów może być prowadzony jednocześnie tylko przez jednego wykładowcę. Należy tak przydzielić wykładowców do poszczególnych przedmiotów, aby łączna efektywność (rozumiana jako suma stopni wykorzystywanych kompetencji) była jak największa. Ze względu na binarną postać zmiennych decyzyjnych problem sprowadza się do problemu programowania zerowyjedynekowego, który jest szczególnym przypadkiem programowania całkowitoliczbowego.

Zagadnienia optymalnego wykorzystania kompetencji dostępnej kadry akademickiej znalazły swój wyraz m.in. w pracy [2] implementującej model programowania liniowego, uwzględniający poziomy kompetencji wykładowców poprzez

stopnie preferencji przypisywane deklarowanym przez siebie przedmiotom. Funkcja celu zorientowana była na maksymalizację sumarycznego stopnia wykorzystania tych preferencji. W podobnym zagadnieniu obsady zajęć, zorientowanym na optymalne wykorzystanie kompetencji pracowniczych, Schniederjans i Kim [10] wykorzystali metodę zerojedynkowego programowania celowego.

Inny, z kolei, model uwzględniający oceny preferencji przedmiotów wybieranych przez pracownika oraz ocenę jego efektywności przy wywiązywaniu się ze stosownych obowiązków, uwzględniając ograniczenia wynikające z dziennego limitu godzin pracy oraz obowiązującego w danej jednostce obciążenia, przedstawia praca [1]. W modelu tym, ocenę efektywności pracownika wystawia jego bezpośredni przełożony. Poszukiwany jest wariant obsady pracowników, który maksymalizuje wartości sumarycznych ocen preferencji i efektywności. Rozwinięcie tego modelu, uwzględniające preferencje nauczycieli deklarujących liczbę prowadzonych przez siebie, z danego przedmiotu, grup studenckich, przedstawia praca [14]. Omawiane rozszerzenie uwzględnia również ograniczenie wynikające z maksymalnej liczby przedmiotów, do których nauczyciel jest się w stanie przygotować.

W pracy [15] przedstawiono model uwzględniający współczynnik dopasowania pracownika do kursu, który obliczany jest za pomocą ilorazu studenckiej oceny dopasowania nauczyciela względem przedmiotu i samooceny nauczycielskiej, w której prowadzący oceniają swoje dopasowanie do przedmiotu. Celem jest taki przydział kursów do prowadzących, aby łączne dopasowanie (rozumiane jako suma stopni dopasowania) było jak największe.

Modele rozważane w pracach [3, 4] uwzględniają preferencje nauczycieli obejmujące przedziały czasowe w ich tygodniowych planach zajęć. Obsadzone przedmioty są niepodzielne, tzn. mogą być przydzielane tylko w całości (w pełnym wymiarze) i tylko jednemu pracownikowi. Podobny model, uwzględniający preferowane terminy prowadzenia zajęć, rozważany jest również w pracy [6] wyróżniającej przedmioty obowiązkowe i obieralne, a także zajęcia wynikające z indywidualnego toku studiów.

Do jednej z nielicznych prac uwzględniających przy obsadzie zajęć zakresy kompetencji dostępnej kadry akademickiej należy praca [8]. Przyjęty w niej model zakłada, że poszczególne przedmioty powinny być prowadzone przez nauczycieli, których kompetencje najlepiej spełniają przypisane im wymagania. W szczególności model ten wyróżnia cztery grupy nauczycieli:

- niemogących prowadzić danego przedmiotu – na przykład, na wydziale języków obcych, nauczyciele z doświadczeniem w języku francuskim nie mogą prowadzić zajęć z przedmiotu „Zaawansowana literatura rosyjska”,
- mogących prowadzić dany przedmiot, ale z kompetencjami (doświadczeniem) nie w pełni odpowiadającymi związanym z nim wymaganiom – na przykład

nauczyciel z doświadczeniem w temacie historii Europy może uczyć przedmiotu „Wprowadzenie do historii Azji”, ale nie jest do niego w pełni przygotowany,

- posiadających kompetencje gwarantujące wszystkie kwalifikacje niezbędne do prowadzenia danego przedmiotu – na przykład nauczyciel z doświadczeniem w fizyce kwantowej powinien, jeśli to możliwe, prowadzić przedmiot „Współczesna fizyka kwantowa”,
- posiadających kompetencje wystarczające do prowadzenia części lub całego przedmiotu – obejmujących osoby zatrudniane w niepełnym wymiarze godzin, w sytuacjach związanych np. z zapewnieniem zastępstwa pracownika (wcześniej zatrudnionego i dedykowanego do prowadzenia tego przedmiotu).

W przedstawionym wyżej kontekście łatwo zauważyć, że obsada zajęć uwzględniająca kompetencje dostępnej kadry akademickiej winna uwzględniać naturalną dekompozycję oferowanych jednostek tematycznych. Na przykład przedmiot o nazwie „Inżynieria produkcji”, prowadzony w wymiarze 30 godzin w semestrze, może zawierać tematy:

- obróbka materiałów (w wymiarze 6 godzin),
- technologia obróbki (w wymiarze 6 godzin),
- obrabiarki CNC i roboty przemysłowe (w wymiarze 8 godzin),
- systemy klasy ERP – planowanie produkcji (w wymiarze 10 godzin),

które mogą być prowadzone przez pracowników o kwalifikacjach wymaganych do prowadzenia zajęć na kierunku inżynierii produkcji, ale z różnym doświadczeniem w zakresie różnych tematów. Zatem każdy temat może podjąć odrębny pracownik. Wyodrębnienie jednostek tematycznych, a zatem możliwość ich obsady przez różnych pracowników zwiększa elastyczność podziału godzin zajęciowych pozwalając na lepsze wykorzystanie dostępnej puli pracowników.

Pomimo rozwoju technik informatycznych proces planowania zajęć nie został w pełni zautomatyzowany. Dotyczy m.in. obszaru planowaniu obsady zajęć dydaktycznych zgodnego z kompetencjami kadry akademickiej. Potwierdzeniem tego stanu jest niżej przeprowadzona analiza komercyjnie dostępnych pakietów oprogramowania wspomagających prace planisty.

3. Systemy komputerowo wspomaganego planowania obsady zajęć dydaktycznych – stan i perspektywy

Układanie planów zajęć dydaktycznych, podobnie jak planowanie dyżurów, rozkładów jazdy itp., sprowadza się do problemu harmonogramowania cyklicznego. W problemie tym okres planowania podzielony jest na jednakowe odcinki czasu zwane cyklami. W każdym cyklu wykonywane są identyczne czynności na

wcześniej przydzielonych do nich zasobach. Plan wykonania czynności realizowanych w jednym cyklu na zasobach wyznaczanych w procesie wielokryterialnej alokacji zasobów powielany jest na wszystkie pozostałe cykle horyzontu planowania.

Problemy tego typu, podejmowane na gruncie różnych nauk: matematyki, informatyki, logistyki, ekonomii, sprowadzają się do znajdowania najlepszego rozwiązania spełniającego występujące w danej sytuacji ograniczenia. Ograniczenia te mogą mieć charakter „miękki” (preferencyjny) i/lub „twardy” (muszą być spełnione). Preferencje mogą obejmować tak wykładowców (np. w zakresie terminów prowadzenia zajęć), jak i studentów (np. w zakresie wyboru wykładowcy z grupy prowadzących ten sam przedmiot). Ograniczenia, które muszą być spełniane dotyczą m.in. dostępnej bazy dydaktycznej (np. sal wykładowych, laboratoriów), minimum programowych (np. zakresy i struktury obsadzanych przedmiotów), minimum kadrowych (np. liczby doktorów i samodzielnych pracowników nauki, obowiązującej ich minimalnej liczby godzin prowadzonych zajęć).

Jak już wspomniano, brak jest rozwiązań umożliwiających pełną automatyzację układania (planowania) zajęć dydaktycznych (i tym samym planowania obsady zajęć dydaktycznych). Istniejące rozwiązania wspomagają planistę w zakresie wąsko dedykowanych zagadnień, związanych np. z obsadą sal, planem zajęć itp. Złożony i wielokryterialny charakter zagadnień planowania zajęć oddaje poniższa próba zebrania najczęściej branych pod uwagę danych, ograniczeń i kryteriów w nich występujących.

W danej uczelni prowadzone są określone kierunki studiów o określonych programach (m.in. danej liczbie godzin z danych przedmiotów w określonym porządku semestralnym). Znana jest liczba studentów uczęszczających na określony kierunek studiów (w podziale na lata). Z liczby studentów wynika liczba grup zajęciowych z danych przedmiotów (o określonym typie zajęć: wykład, ćwiczenia, laboratorium, seminarium, projekt). Każda grupa zajęciowa posiada określony wymiar godzin do zrealizowania. Sumaryczna liczba godzin wszystkich grup zajęciowych stanowi wymiar godzin dydaktycznych do zrealizowania przez pracowników.

Dana jest pula pracowników uczelni (nauczycieli akademickich i pracowników zewnętrznych), którzy posiadają określone kompetencje do prowadzenia przedmiotów (w całości lub w danej części). Każdy nauczyciel ma określone minimum (zwane pensum dydaktycznym) i traktowany jako ogólnouczelniany zasób, który może prowadzić przedmioty, na rzecz kilku jednostek organizacyjnych. Ponadto każdy nauczyciel akademicki ma przypisany stopień/tytuł naukowy (profesor, doktor habilitowany, doktor, magister) potrzebny do określenia potencjalnej możliwości wliczania do minimum kadrowego. Dodatkowo stopień/tytuł naukowy determinuje typ zajęć, jaki może prowadzić pracownik – doktor i magister nie mogą prowadzić seminariów, magister nie może prowadzić wykładów i seminariów.

Znane są obowiązujące ustalenia legislacyjne i administracyjne normujące sposób planowania i prowadzenia zajęć, znana jest także wielkość i struktura

dostępnej bazy dydaktycznej, m.in. sal wykładowych, sal seminaryjnych, laboratoriów, pomieszczeń socjalnych itp. Poszukiwane są plany prowadzenia zajęć minimalizujące liczbę „okienek” tak po stronie studentów, jak i po stronie prowadzących, jak i obsady dydaktycznej minimalizującej koszty utrzymania bazy dydaktycznej i minimalizującej koszty obsługi procesu dydaktycznego (pensji kadry akademickiej, pracowników administracyjnych, laborantów itd.), a także uwzględniające zadane przepisami proporcje liczby nauczycieli akademickich zaliczanych do minimum kadrowego do liczby studentów na danym kierunku studiów oraz preferencje pracowników i studentów.

Niektóre z dostępnych na krajowym rynku rozwiązań systemów informatycznych przeznaczonych dla uczelni wyższych omawiają prace [9, 12], jeszcze inne odnaleźć można w wyszukiwarce Google – należą do nich:

- proAkademia z modułem „Pensum” (www.apr.pl),
- SAP z modułem „HCM” (www.sap.com),
- eORDO z modułem „Planer pensum” (www.eordo.pl),
- eHMS/pens (www.kalasoft.pl),
- SIMPLE.EDU z funkcjonalnością „Planowanie procesu dydaktycznego” (www.simple.com),
- TETA EDU (www.unit4.com),
- Comarch Egeria Edukacja (www.comarch.pl),
- Sokrates z modułem „Obciążenia dydaktyczne” (www.cs.put.poznan.pl/sokrates),
- Uczelnia 10 (www.psgacademia.pl).

W nawiązaniu do tytułu tej pracy, szczególnie interesujące stają się pytania dotyczące zakresu kompetencji członków kadry akademickiej oraz uwzględniającego go sposobu obsady zajęć dydaktycznych, a także planowania zajęć, odpornego na zakłócenia związane z fluktuacją: pracowników, profili kształcenia i naboru studentów.

Przypadki odpowiadające wymienionym wyżej pytaniom występują często w rzeczywistości. Przykładowa sytuacja może dotyczyć pracownika posiadającego kompetencje do prowadzenia części przedmiotu X, części przedmiotu Y itd. Przyjmując, że dany przedmiot X, np. „Zarządzanie przedsięwzięciem”, obejmuje przedstawienie metod CPM i PERT, przedmiot ten może być prowadzony przez dwóch pracowników – pierwszego przedstawiającego zakres materiału dotyczący metody CPM oraz drugiego omawiającego metodę PERT. Oznacza to, że godziny zajęciowe jednej grupy można obsadzać kilkoma pracownikami, np. przedmiot 15-godzinowy dwoma pracownikami po 7 i 8 godzin, a w szczególnym przypadku 15 pracownikami po 1 godzinie.

Planowanie zajęć uwzględniające występowanie zakłóceń w przebiegu procesu dydaktycznego, np. spowodowane absencją prowadzącego wiąże się z szeregiem pytań typu: Czy wśród dysponowanej kadry nauczycieli akademickich można znaleźć stosowne zastępstwo? Jeśli tak, to jakiemu pracownikowi, jakie

przedmioty, w jakim wymiarze przydzielić? Jeśli nie, to jakiego pracownika, o jakich kompetencjach można przeszkolić, tak aby mógł przejąć zastępstwo w przyszłości, a tymczasowo jakiej osobie (jakiemu pracownikowi zewnętrznemu), posiadającej jakie kompetencje można zlecić to zastępstwo?

W kontekście wyżej wspomnianych kwestii rozważmy potencjalne rutynowe pytania, w zakresie których poszukiwane jest wsparcie w komercyjnie dostępnych rozwiązaniach systemów planowania zajęć:

P – Czy system umożliwi planowanie obsady zajęć dydaktycznych przy uwzględnieniu ograniczeń związanych z zakresem kompetencji dostępnej kadry?

P2 – Czy system umożliwia planowanie obsady zajęć dydaktycznych przy uwzględnieniu ograniczeń narzucanych przez minima kadrowe?

P3 – Czy system umożliwia planowanie obsady zajęć dydaktycznych uwzględniające zakłócenia związane z mobilnością kadry, zmianami liczby studentów (powodowane ich semestralnymi i/lub rocznymi odsiewami, wyjazdami w ramach programu Sokrates, wypadkami losowymi itp.)?

Wśród wcześniej wymienionych systemów na uwagę zasługują dwa z nich: proAkademia i SIMPLE.EDU. Pierwszy posiada moduł o nazwie „Pensum”, który według producenta posiada funkcjonalność obejmującą m.in. obsadę zajęć z punktu widzenia przedmiotu – wybór prowadzącego przydzielanego do przedmiotu z uwzględnieniem informacji o rodzaju umowy (etat/umowa inna). Ponadto użytkownik systemu informowany jest o prowadzących posiadających braki pensum, a także tych którzy dany przedmiot w poprzednich latach prowadzili lub są związani z przedmiotem dziedziną. Można zatem uznać, że system uwzględnia scenariusz odpowiadający na P1. Drugi system (SIMPLE.EDU) posiada funkcjonalność o nazwie „Obsługa procesu dydaktycznego”, w ramach której możliwe jest przypisanie wykładowcy przedmiotów, z których może prowadzić zajęcia. Wydaje się zatem, że opcja ta częściowo tylko uwzględnia scenariusz odpowiadający na pytania typu P1. Pozostałe scenariusze odpowiadające na pytania typu P2 i P3 nie mogą być realizowane w żadnym z porównywanych systemów.

Tabela 1. Porównanie wybranych systemów planowania obsady zajęć dydaktycznych

	P1	P2	P3
proAkademia (moduł „Pensum”), www.apr.pl	T	N	N
SAP HCM (Human Capital Management), www.sap.com	N	N	N
eORDO (moduł „Planer pensum”), www.eordo.pl	N	N	N
eHMS/pens www.kalasoftware.pl	N	N	N

SIMPLE.EDU („Planowanie procesu dydaktycznego”), www.simple.com	T	N	N
TETA EDU www.unit4.com	N	N	N
Comarch Egeria Edukacja www.comarch.pl	N	N	N
Sokrates („Obciążenia dydaktyczne”), www.cs.put.poznan.pl/sokrates	N	N	N
Uczelnia 10 (dawniej Uczelnia.XP) www.psgacademia.pl	N	N	N

T – spełnia; N – nie spełnia

Źródło: opracowanie własne na podstawie informacji ze stron internetowych producentów oprogramowania.

Z przedstawionego porównania wynika, że funkcjonalności planowania obsady zajęć dydaktycznych, wykorzystywane w wybranych systemach wspomagania planowania, nie uwzględniają kompetencji kadry, wymagań minimumów kadrowych oraz zakłóceń procesu dydaktycznego związanych m.in. z mobilnością kadry, mniejszymi bądź większymi odsiewami studentów itp.

4. Model deklaracyjny planowania obsady zajęć dydaktycznych

Planowanie obsady zajęć dydaktycznych pracowników polega na przypisaniu każdemu pracownikowi takich przedmiotów realizowanych w takim wymiarze, które gwarantuje spełnienie następujących wymagań:

1. przedmioty mogą być prowadzone tylko przez pracowników posiadających odpowiednie kompetencje,
2. przedmioty są podzielone na obszary tematyczne, które mogą być przypisane do różnych pracowników,
3. obciążenie każdego pracownika jest nie mniejsze od przypisanego mu pensum,
4. wykłady może prowadzić profesor lub doktor habilitowany, seminaria – profesor, doktor habilitowany lub adiunkt; pozostałe typy zajęć nie mają ograniczeń,
5. jeśli pracownik nie wyraża zgody na godziny ponadwymiarowe ($\frac{1}{4}$ ponad pensum dla pracowników naukowo-dydaktycznych i ponad $\frac{1}{2}$ pensum dla pracowników dydaktycznych), nie może zostać obciążony ponad,
6. każdy kierunek ma zapewnione minimum kadrowe:
 - kierunki studiów pierwszego stopnia:
 - nie mniej niż 3 profesorów lub doktorów hab. – 30 godzin każdy,
 - nie mniej niż 6 doktorów – 60 godzin każdy,

- kierunki studiów drugiego stopnia:
 - nie mniej niż 6 profesorów lub doktorów hab. – 30 godzin każdy,
 - nie mniej niż 6 doktorów – 60 godzin każdy,
- 7. proporcja liczby nauczycieli akademickich zaliczanych do minimum kadrowego do liczby studentów na danym kierunku studiów nie może być mniejsza niż 1:60,
- 8. w ramach tej samej uczelni pracownik może być wliczany do minimum kadrowego dwóch kierunków na poziomie studiów pierwszego stopnia i jednego kierunku na poziomie studiów drugiego stopnia.

Uwzględniając powyższe wymagania w problemie planowania obsady zajęć dydaktycznych, można wyodrębnić następujące zbiory elementów obejmujących: strukturę uczelni, parametry określające jej miary ilościowe, zmienne decyzyjne określające obsadę pracowników i ich kompetencje, a także wiążące je ograniczenia – rys. 1.

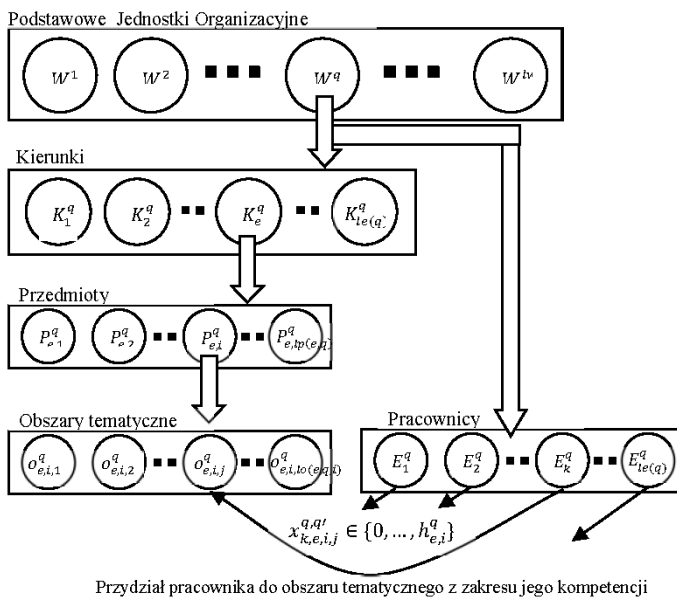
Zbiory

W : zbiór podstawowych jednostek organizacyjnych PJO uczelni, indeksowany przez q

K^q : zbiór kierunków prowadzonych w jednostce W^q , indeksowany przez e

P_e^q : zbiór przedmiotów prowadzonych w ramach kierunku K_e^q , indeksowany przez i

E^q : zbiór pracowników zatrudnionych w q -tej jednostce organizacyjnej, indeksowany przez k



Rys. 1. Struktura zmiennych

Źródło: opracowanie własne.

Parametry

- lw : liczba PJO
 K_e^q : e -ty kierunek prowadzony w q -tej jednostce organizacyjnej
 E_k^q : k -ty pracownik zatrudniony w jednostce organizacyjnej W^q
 $le(q)$: liczba pracowników w jednostce organizacyjnej W^q
 $lk(q)$: liczba kierunków prowadzonych w jednostce W^q
 $P_{e,i}^q$: i -ty przedmiot prowadzony w ramach e -tego kierunku jednostki W^q
 $lp(e, q)$: liczba przedmiotów prowadzonych w ramach kierunku K_e^q
 $o_{e,i,j}^q$: j -ty obszar tematyczny realizowany w ramach przedmiotu $P_{e,i}^q$
 $lo(e, q, i)$: liczba obszarów tematycznych w ramach przedmiotu $P_{e,i}^q$
 $l_{e,i,j}^q$: liczba godzin j -tego obszaru tematycznego realizowanego w ramach przedmiotu $P_{e,i}^q$
 $h_{e,i}^q$: liczba grup studenckich przypisanych do przedmiotu $P_{e,i}^q$ ($h_{e,i}^q \in \mathbb{N}$)
 s_k^q : liczba godzin pensum k -tego pracownika ($s_k^q \in \mathbb{N}$)
 z_k^q : zgoda/brak zgody k -tego pracownika na prowadzenie zajęć ponadwymiarowych

Zmienne decyzyjne

- $g_{k,e,i,j}^{q,q'}$: kompetencja pracownika E_k^q do prowadzenia j -tego obszaru tematycznego przedmiotu $P_{e,i}^{q'}$; $g_{k,e,i}^{q,q'} \in \{0, 1\}$
 $x_{k,e,i,j}^{q,q'}$: liczba grup zajęciowych j -tego obszaru tematycznego przedmiotu $P_{e,i}^{q'}$ przypisanych do pracownika E_k^q

Ograniczenia

1. Zajęcia (obszary tematyczne zajęć) mogą być prowadzone tylko przez pracowników posiadających odpowiednie kompetencje:

$$x_{k,e,i,j}^{q,q'} = 0, \text{ gdy } g_{k,e,i}^{q,q'} = 0 \quad (1)$$

2. Do każdego obszaru j zajęć przedmiotu $P_{e,i}^{q'}$ powinna być przypisana wymagana liczba grup:

$$\sum_{q=1}^{lw} \sum_{k=1}^{le(q)} x_{k,e,i,j}^{q,q'} = h_{e,i}^{q'} \quad (2)$$

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

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

$$\sum_{q'=1}^{lw} \sum_{e=1}^{lk(q')} \sum_{i=1}^{lp(e,q')} \sum_{j=1}^{lo(e,q',i)} x_{k,e,i,j}^{q,q'} \cdot l_{e,i,j}^{q'} \geq s_k^q \quad (3)$$

dla $q = 1 \dots lw$; $k = 1 \dots le(q)$

4. W przypadku braku zgody pracownika E_k^q liczba godzin nie powinna przekraczać zadanej wartości:

$$\sum_{q'=1}^{lw} \sum_{e=1}^{lk(q')} \sum_{i=1}^{lp(e,q')} \sum_{j=1}^{lo(e,q',i)} x_{k,e,i,j}^{q,q'} \cdot l_{e,i,j}^{q'} \leq 1.25 \cdot s_k^q \quad (4)$$

dla $q = 1 \dots lw; k = 1 \dots le(q)$

W kontekście przedstawionego modelu można formułować pytania typu (P1), które w szczególności mogą przyjąć następującą postać:

1. Czy istnieje taka obsada zajęć $x_{k,e,i,j}^{q,q'}$, która gwarantuje każdemu z pracowników jednostki wykonanie przypisanego mu pensum dydaktycznego?
2. Jaka najmniejsza liczba zmian w kompetencjach $g_{k,e,i,j}^{q,q'}$ gwarantuje obsadę zajęć $x_{k,e,i,j}^{q,q'}$ zapewniającą pensum każdemu pracownikowi?

W ten sposób sformułowany problem planowania obsady zajęć dydaktycznych może być implementowany w standardowych narzędziach liniowego programowania całkowitoliczbowego oraz środowiskach programowania z ograniczeniami (takich jak: MS Excel, Matlab, Gurobi, ILOG, EC'LPS^e, OzMozart).

5. Przykład ilustracyjny

W celu ilustracji typowej sytuacji rozważmy przykład. Przyjmuje się, że w danej jednostce organizacyjnej (wydziale, instytucie), w ramach danego kierunku studiów, realizowanych jest 5 przedmiotów $P_1, \dots, P_i, \dots, P_5$ (ze względu na to, że rozważany jest jeden kierunek studiów prowadzony na jednym wydziale, indeksy e i q są pomijane). Każdy z przedmiotów jest podzielony na 3 obszary tematyczne $o_{i,j}$ i charakteryzowany jest przez: liczbę przypisanych mu godzin $l_{i,j}$ oraz liczbę grup studenckich h_i , dla których jest prowadzony. Przyjęte dane zostały przedstawione w tabeli 2, na przykład:

- przedmiot P_1 w wymiarze 30 godzin i prowadzony jest dla 4 grup,
- przedmiot P_2 w wymiarze 15 godzin i prowadzony jest dla 8 grup,
- itd.

W rozważanej jednostce organizacyjnej zatrudnionych jest 4 pracowników E_1, E_2, E_3, E_4 . Każdy z pracowników posiada kompetencje upoważniające go do prowadzenia określonych obszarów tematycznych przedmiotów, co zestawione zostało w tabeli 3, gdzie „1” oznacza posiadanie kwalifikacji certyfikujących daną kompetencję, zaś „0” oznacza jej brak, przykładowo: E_1 posiada kompetencje do prowadzenia obszarów tematycznych w $o_{1,1}, o_{1,2}$ z przedmiotu P_1 , obszaru $o_{2,1}$ z przedmiotu P_2 i obszaru $o_{4,2}$ z przedmiotu P_4 itd. Znane jest wymagane pensum s_k każdego pracownika: E_1 i E_2 po 190 godzin, E_3 i E_4 po 140 godzin.

Dla tak przyjętych danych poszukiwana jest odpowiedź na pytanie: czy istnieje obsada zajęć $x_{i,j}$, która gwarantuje spełnienie ograniczeń (1)-(4)? Problem zaimplementowany w narzędziu Solver środowiska MS Excel skutkuje brakiem rozwiązania dopuszczalnego, to znaczy że dla danego zespołu wykładowców nie jest możliwe zapewnienie wymaganego pensum. Naturalne staje się zatem pytanie: jaki pracownik, jakie nowe kompetencje powinien zdobyć, aby możliwa była obsada zajęć gwarantująca zapewnienie wymaganego pensum (spełnione będą ograniczenia (1)-(4))? W praktyce taki problem ma charakter optymalizacyjny, w którym dąży się do minimalizacji liczby koniecznych zmian kompetencji (nabywanie nowych kompetencji wiąże się z dodatkowymi kosztami na doszkalać kadry, które to uczelnie starają się minimalizować). Innymi słowy, rozważany problem sprowadza się do odpowiedzi na pytanie: jaka najmniejsza liczba zmian w zakresach kompetencji $g_{i,j}$ gwarantuje obsadę zajęć $x_{i,j}$ zapewniającą pensum każdemu pracownikowi?

Tabela 2. Dane opisujące przedmioty P_1, \dots, P_5

przedmiot atrybuty	P_1			P_2			P_3			P_4			P_5		
il. grup h_i	4			8			10			5			4		
obszar $o_{i,j}$	$o_{1,1}$	$o_{1,2}$	$o_{1,3}$	$o_{2,1}$	$o_{2,2}$	$o_{2,3}$	$o_{3,1}$	$o_{3,2}$	$o_{3,3}$	$o_{4,1}$	$o_{4,2}$	$o_{4,3}$	$o_{5,1}$	$o_{5,2}$	$o_{5,3}$
il. godz./grupa $l_{i,j}$	15	10	5	5	5	5	4	5	6	15	10	5	7	8	15
łączna il. godz.	60	40	20	40	40	40	40	50	60	75	50	25	28	32	60

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 3. Przyjęte kompetencje $g_{i,j}$ pracowników E_1, E_2, E_3, E_4

przedmiot pracownik	P_1			P_2			P_3			P_4			P_5		
obszar $o_{i,j}$	$o_{1,1}$	$o_{1,2}$	$o_{1,3}$	$o_{2,1}$	$o_{2,2}$	$o_{2,3}$	$o_{3,1}$	$o_{3,2}$	$o_{3,3}$	$o_{4,1}$	$o_{4,2}$	$o_{4,3}$	$o_{5,1}$	$o_{5,2}$	$o_{5,3}$
E_1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
E_2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
E_3	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
E_4	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 4. Wymagana zmiana w kompetencjach $g_{i,j}$ pracowników

przedmiot pracownik	P_1			P_2			P_3			P_4			P_5		
obszar $o_{i,j}$	$o_{1,1}$	$o_{1,2}$	$o_{1,3}$	$o_{2,1}$	$o_{2,2}$	$o_{2,3}$	$o_{3,1}$	$o_{3,2}$	$o_{3,3}$	$o_{4,1}$	$o_{4,2}$	$o_{4,3}$	$o_{5,1}$	$o_{5,2}$	$o_{5,3}$
E_1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
E_2	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1
E_3	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
E_4	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0

Komórki oznaczone kolorem ukazują obszary tematyczne przedmiotów, w których kompetencje powinny być zdobyte.

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 5. Obsada zajęć $x_{i,j}$ (liczba grup przypisanych do wykładowcy) gwarantująca spełnienie wymaganego pensum

przedmiot pracownik	P_1			P_2			P_3			P_4			P_5		
	$o_{1,1}$	$o_{1,2}$	$o_{1,3}$	$o_{2,1}$	$o_{2,2}$	$o_{2,3}$	$o_{3,1}$	$o_{3,2}$	$o_{3,3}$	$o_{4,1}$	$o_{4,2}$	$o_{4,3}$	$o_{5,1}$	$o_{5,2}$	$o_{5,3}$
E_1	4	4	0	8	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0
E_2	0	0	4	0	0	0	0	0	5	0	0	4	4	4	4
E_3	0	0	0	0	8	8	10	4	0	0	0	0	0	0	0
E_4	0	0	0	0	0	0	0	6	5	5	0	1	0	0	0

Źródło: opracowanie własne.

Rozwiązanie takiego problemu przedstawione zostało w tabelach 4 i 5 (rozwiązanie uzyskane w narzędziu Solver środowiska MS Excel). Pierwsza z nich przedstawia wymagane kompetencje pracowników $g_{i,j}$ (jeden z pracowników powinien zdobyć dwie nowe kompetencje – komórki oznaczone kolorem). Druga przedstawia obsadę $x_{i,j}$ gwarantującą spełnienie wymaganego pensum.

Jak już wspomniano wcześniej, w części systemów planowania obsady zajęć (patrz tabela 1) możliwe jest poszukiwanie odpowiedzi na pytanie typu „w przód”: Czy wielkość i kompetencje dostępnej kadry akademickiej gwarantują obsługę zadanej liczby grup studenckich? Przedstawiony eksperyment pokazuje, że w rzeczywistości występują sytuacje, w których odpowiedź na powyższe pytanie jest negatywna. Zatem naturalne wydaje się pytanie typu „wstecz”: Jaka struktura kompetencji, danej kadry akademickiej, wystarcza do obsługi zadanej liczby grup studenckich przy spełnieniu znanych, wymaganych przez ograniczenia, minimów programowych? Wśród porównywanych systemów żaden nie posiada możliwości poszukiwania odpowiedzi na tego typu pytanie. W związku z tym zaprezentowana implementacja przedstawionego w pracy modelu pozwala odpowiadać zarówno na pytanie pierwsze, jak i drugie.

6. Podsumowanie

Przedstawiony w pracy przegląd literatury potwierdził, że w procesie planowania obsady zajęć dydaktycznych decydującą rolę odgrywa właściwe uwzględnienie ograniczeń związanych z kompetencjami kadry akademickiej oraz szeregu ograniczeń natury legislacyjnej obejmujących minima kadrowe, minima programowe itp. Z kolei znaczna część prac poruszająca temat planowania zajęć i planowania obsady dydaktycznych nie uwzględnia zarówno pierwszych, jak i drugich ograniczeń.

Przeprowadzona analiza wybranych systemów wspomagania planowania obsady zajęć oraz ocena ich użyteczności w kontekście wybranych problemów zarządzania zasobami ludzkimi, potwierdza możliwość odpowiadania na pytanie typu P1 oraz brak możliwości odpowiadania na pytania typu P2 i P3 (patrz rozdział 3).

Dla problemów związanych z pytaniem typu P1 opracowany został model deklaratywny, w kontekście którego możliwe jest odpowiadanie na pytania w przód i niedostępne dotąd w systemach planowania obsady zajęć dydaktycznych pytania wstecz. Przeprowadzony eksperyment komputerowy potwierdza możliwość budowy swoistych nakładek programowych zorientowanych na obsługę funkcjonalności niedostępnych w komercyjnie dostępnych pakietach oprogramowania.

Przyszłe badania będą dotyczyć rozszerzenia modelu o elementy potrzebne do planowania obsady zajęć, zawierające wymagania legislacyjne, np. minima kadrowe (pytania typu P2) i uwzględniające występowanie zakłóceń w przebiegu procesu dydaktycznego, np. spowodowane absencją prowadzącego (pytania typu P3).

Literatura

- [1] **Andrew G.M., Collins R.:** *Matching faculty to courses*. College University 46, 1971, 83-89.
- [2] **Breslaw J.A.:** *A linear programming solution to the faculty assignment problem*. Socio-Economic Planning Services 10, 1976, 227-230.
- [3] **Hsu C.M., Chao H.M.:** *A Two-Stage Heuristic Based Class-Course-Faculty Assigning Model for Increasing Department-Education Performance*. Proceeding of 2009 International Conference on New Trends in Information and Service Science, Pekin, 2009, 256-263.
- [4] **Ismaylova N.A., Sagir M., Gasimov R.N.:** *A multiobjective faculty-course-time slot assignment problem with preferences*. Mathematical and Computer Modelling 46, 2007, 1017-1029.
- [5] **McClure R.H., Wells C.E.:** *Modelling multiple criteria in the faculty assignment problem*. Socio-Economic Planning Services 21, 1987, 389-394.
- [6] **Milewska E.:** *Zastosowanie algorytmów szeregowania zadań do automatycznego generowania planu zajęć dydaktycznych*. General and Professional Education 2/2015, 40-45.
- [7] **Moszyński M.:** *Konstruowanie planów zajęć dydaktycznych jako wielokryterialny problem optymalizacyjny – kilka refleksji*. Acta Universitatis Nicolai Copernici, Ekonomia XLII – Nauki Humanistyczno-Społeczne – Zeszyt 402, Toruń 2011, 229-243.
- [8] **Qu X., Wang S., Easa S., Liu Z.:** *Teaching load allocation in a teaching unit: Optimizing equity and quality*. Proceedings of the AAEE2014 Conference Wellington, New Zealand, 2014, 1275-1283, 2014.

-
- [9] **Praca zbiorowa:** *Modele zarządzania uczelniami w Polsce*, Raport Końcowy opracowany przez zespół pod kierunkiem Prof. Michała du Valla, Kraków 2011.
- [10] **Schniederjans M.J., Kim G.C.:** *A goal programming model to optimize departmental preference in course assignments*. *Computers & Operations Research* 14, 1987, 87-96.
- [11] **Shohaimay F., Dasman A., Suparlan A.:** *Teaching load allocation using Linear Programming – a case study in Mathematics Department*. *Business Management and Computing Research Colloquium*, Raub, Malaysia, 2016, 25-28.
- [12] **Szczepańska-Woszczyna K., Uroda J.:** *Komputerowe wspomaganie procesów zarządzania uczelnią wyższą na przykładzie Wyższej Szkoły Biznesu w Dąbrowie Górniczej. Internet w społeczeństwie informacyjnym. Zastosowania Internetu i systemów komputerowych*, WSB, Red. R. Pregiel, M. Rostański, 2013, 21-32.
- [13] **Szwarc E., Bach-Dąbrowska I.:** *Zarządzanie kompetencjami w planowaniu procesów dydaktycznych, Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji (Tom II)*, red. R. Knosala, Opole 2017, 837-849.
- [14] **Tillett P.I.:** *An operations research approach to the assignment of teachers to courses*. *Sot.-Econ. Plan. Sci.* 9(3), 1975, 101-104.
- [15] **Yang C.W., Kim P.Y.:** *A Simulation of the Faculty-Assignment Problem: An Integer Programming Approach*, [in:] Hawes J.M., Glisan G.B. (eds.) *Proceedings of the 1987 Academy of Marketing Science (AMS) Annual Conference. Developments in Marketing Science*, Springer, 2015, 232-235.
- [16] Rozporządzenie MNiSW z dnia 26.09.2016 w sprawie warunków prowadzenia studiów.