

## **Model motywacji nauczyciela i studentów podczas nabywania kompetencji**

Emma Kusztnina\*, Oleg Zaikin\*\*, Andrzej Żyławski\*\*, Ryszard Tadeusiewicz\*\*\*

---

### **Streszczenie**

Artykuł prezentuje pomysł na opracowanie modelu motywacji, mający na celu wspieranie aktywności zarówno studentów, jak i nauczycieli przy wdrażaniu i wykorzystaniu systemu otwartego nauczania na odległość. Opisano strukturę modelu motywacji i formalne założenie zadania. Zaproponowane podejście do rozwiązania zadania bazuje na teorii gier i modelowaniu symulacyjnym.

**Słowa kluczowe:** *model motywacji, otwarte systemy nauczania na odległość (ODL), repozytorium zadań, model symulacyjny*

### **1 Wprowadzenie**

Wdrożenie otwartego systemu nauczania na odległość (ang. *Open Distance Learning*, ODL) przewiduje zmianę całego paradygmatu organizacji procesu edukacyjnego na uczelniach wyższych, a co za tym idzie – zmianę roli i stosunków pomiędzy wszystkimi uczestnikami procesu nauczania przy zachowaniu *status quo* odnośnie do tradycyjnej misji szkoły wyższej, jaką jest przygotowanie wysoko wykwalifikowanej kadry.

W tradycyjnym nauczaniu poziom kompetencji, który zdobywał student na uczelni, zależał od wielu czynników, wśród których głównymi są:

---

\* Stargardzka Wyższa Szkoła STARGARDINUM.

\*\* Warszawska Wyższa Szkoła Informatyki.

\*\*\* Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie.

- organizacja procesu nauczania na wszystkich poziomach procesu edukacyjnego (od przygotowania siatek i programów nauczania do prowadzenia konkretnych zajęć),
- wyposażenie sprzętowe i programowe,
- warunki ergonomiczne,
- a co najważniejsze – kadra nauczycieli.

Pozycja każdej uczelni wśród innych oceniana jest według rankingu uwzględniającego podstawowe czynności każdego nauczyciela i uczelni w całości: dydaktyczną, badawczą i wychowawczą.

ODL można rozpatrywać jako nową technologię nauczania, jest ona na tyle dobra, na ile rozszerza możliwości uczenia się każdego w każdej sytuacji życiowej, praktyczne bez ograniczeń, jednak charyzma nauczyciela, jako jeden z ważniejszych czynników motywacji, zostaje utracona.

Otwarte nauczanie połączone z trybem nauczania na odległość sprawia, że studenci muszą stać aktywnymi, prawie równorzędnymi z nauczycielami uczestnikami systemu nauczania. Spowodowane jest to dwoma czynnikami:

1. W warunkach ODL preferencje studentów mają duży wpływ na pozycję rynkową uczelni.
2. Brak bezpośredniego kontaktu z nauczycielem wymaga od studenta świadomego, w znacznym stopniu samodzielnego kreowania własnego procesu poznawczego.

Pod wpływem tych czynników system zarządzania organizacją edukacyjną powinien uwzględniać nową pozycję studenta i ująć ją w ramach odpowiedniego modelu motywacji.

Kwestia motywacji jest jednym z ważniejszych zagadnień badawczych psychologii i pedagogiki. Istnieje wiele definicji tego pojęcia [1, 2], z których wynika, że motywacja jako zjawisko może być postrzegana jako:

- a) system czynników (zapotrzebowania, motywy, cele, zamierzenia itp.) determinujących postępowanie człowieka;
- b) proces, który wspiera aktywność człowieka na określonym poziomie.

Przy opracowaniu modelu motywacji jako składowego elementu systemu informacyjnego przeznaczonego do zarządzania organizacją edukacyjną w warunkach ODL trzeba określić miejsce tego modelu w systemie, jego funkcję kryterialną i metodę rozwiązania.

## **2 Ukierunkowania procesu ODL na aktywną współpracę studentów i nauczyciela**

W warunkach braku bezpośredniego kontaktu nauczyciela ze studentami zakres i sposób wykonania wymienionych czynności (dydaktyczna, badawcza, wychowawcza) znacznie się zmieniają, jak pokazano w [3]. Różnica wynika z przyczyn obiektywnych: proces nauczania, gdzie akumulowanie zasobów wiedzy gwarantujących zawodową karierę ma dość długi okres, obecne coraz częściej się nie sprawdza. Przykładami tego są następujące dziedziny: informatyka, energetyka, oprogramowanie, bankowość, poligrafia itp. [4].

W tradycyjnym systemie nauczania osoba ucząca się odgrywa pasywną rolę i występuje jako nośnik nabywanej wiedzy. Osobowe cechy mogą być ujęte tylko podczas bezpośredniego kontaktu z nauczycielem. Motywacja odbywa się za pomocą punktowego oceniania nabytej wiedzy (testowanie, egzaminy itp.). Materiały dydaktyczne odgrywają wtórną rolę w porównaniu z nauczycielem, który występuje jako pośrednik pomiędzy źródłem informacji a „sterowanym” przez niego procesem poznawczym studenta. Jako obiekt zarządzania proces poznawczy studenta charakteryzuje się wysoką entropią, ale przez bezpośredni kontakt, przez wymianę informacji nauczyciel na podstawie własnej kompetencji ciągle zmniejsza entropię, czyli kieruje w pewnych granicach procesem poznawczym. Efektywność kierowania w znacznym stopniu zależy od intensywności bezpośredniej wymiany informacji pomiędzy nauczycielem a studentem oraz od przejawiania mocy charyzmatycznej nauczyciela.

W [5] pokazano, że rola materiałów dydaktycznych w warunkach ODL wielokrotnie wzrasta i wywodzi się z założenia, że wiedza jest ustrukturuowaną informacją zgodnie z celem i poziomem nauczania.

Przetwarzanie odbieranej przez człowieka informacji do postaci wiedzy odbywa się za pomocą jej wewnętrznej strukturyzacji – kodowania i klasteryzacji oraz tworzenia pewnego rodzaju wewnętrznych sieci semantycznych, które możemy uznać za subiektywne ontologie. Aby materiał dydaktyczny w jakikolwiek sposób mógł wykonać rolę pośrednika pomiędzy źródłem informacji a procesem poznawczym studenta, powinien zawierać opracowaną przez nauczyciela ontologię przedmiotu nauczania (bardziej detaliczne konstruowanie materiałów dydaktycznych oparte na modelu ontologicznym dziedziny opisano w [6]).

Pracochłonność przygotowania i udostępniania materiałów dydaktycznych ODL przez odpowiednie środowisko informatyczne (repozytorium) wymaga dużego wysiłku intelektualnego oraz poświęcenia czasu przez nauczyciela (informatyczne aspekty repozytorium zostały poruszone w [7]). Z tego wynika konieczność motywacji nauczyciela do uzupełnienia swoich tradycyjnych obowiązków opracowaniem i monitoringiem stanu repozytorium.

Drugą trudnością jest konieczność motywacji studenta do dość mocnego zaangażowania w proces samodzielnego uczenia się, który będzie gwarantował zdobywanie poziomu kompetencji porównywalnych z tradycyjnym nauczaniem.

Tradycyjne testowanie na bieżące, prowadzone w trybie na odległość traci swoje znaczenie jako instrument motywacji, dlatego że zostaje pozbawione wszystkich pochodnych bezpośredniego kontaktu z nauczycielem (poznawczych, emocjonalnych itp.). Uniwersalnym sposobem podniesienia aktywnej pozycji osoby uczącej się jest „gra”, rozumiana jako aktywna współpraca, której wynikiem będzie obiektem zainteresowań zarówno nauczyciela, jak i studentów (graczy) [8]. W sensie informatycznym oznacza to, że zainteresowania każdego z współpracujących uczestników powinny być opisane jako osobne funkcje motywacji, które składają się na jedną funkcję celową [9].

Repozytorium jest postacią wyniku tej współpracy, z punktu widzenia dydaktycznego jest ono otwartą dla wszystkich przechowywalną materiałami dydaktycznymi, obejmującymi ontologie,

zadania, przykłady ich rozwiązań itp.; z punktu widzenia naukowo-badawczego to zasób wiedzy uczelni, w którym są zastrzeżone prawa autorskie; natomiast z punktu widzenia programowo-technicznego to system informatyczny, oparty na odpowiedniej platformie sieciowej.

### **3 Interpretacja modelu motywacji w kontekście sytuacji edukacyjnej**

Motyw (przyczyna działania) jest świadomie rozumianym zapotrzebowaniem na określony przedmiot, pozycję, sytuację itp., czyli możemy stwierdzić, że motyw wywodzi się z zapotrzebowania, staje się jego aktualnym stanem i prowadzi to do pewnego postępowania. W trakcie realizacji wymienionego łańcucha: zapotrzebowanie – motyw – działanie, na każdym jego odcinku mamy do czynienia z sytuacją wyboru, a mianowicie: do konkretnego działania może prowadzić kilka motywów, wiele potrzeb składa się na jeden motyw, z jednego zapotrzebowania wywodzą się różne motywy. Dokonanie wyboru jest procesem kognitywnym, który do bezpośredniej obserwacji się nie nadaje. Oznacza to, że ilościowe zależności pomiędzy parametrami wyboru możliwe są do utworzenia tylko przez zewnętrzną rejestrację wyników wyboru.

Model motywacji może być opracowany w postaci pewnego scenariusza gry, w którym aktywność nauczyciela i studenta będzie wspierana ich własnymi zainteresowaniami.

Stworzenie modelu motywacji w konkretnej sytuacji edukacyjnej (przedmiot, cel i poziom nauczania) możliwe jest przy następujących założeniach:

- zestaw elementów wyżej wymienionego łańcucha jest określony i zawiera alternatywy,
- proces wyboru zadania dokonuje się w konkretnej sytuacji edukacyjnej,
- każde zadanie ma dokładnie określoną pozycję w ontologii przedmiotu i oznaczony stopień złożoności,
- wynikiem wielokrotnego wyboru wg łańcucha jest nabyta kompetencja,
- wynik może być zarejestrowany,
- istnieje system oceny wyników wyboru,
- studenci i nauczyciel mają dostęp do obserwacji i oceny wyników dokonanych wyborów,
- wynik wyboru musi zostać oceniony przez studenta jako potrzebny i pożądany (użyteczność wyniku),
- student musi być przekonany, że pożądany wynik można w danej sytuacji edukacyjnej osiągnąć z prawdopodobieństwem wyższym od zera (subiektywne prawdopodobieństwo osiągnięcia wyniku).

### **4 Problem motywacji w konkretnej sytuacji edukacyjnej ODL**

Za model motywacji w warunkach ODL będziemy uważali scenariusz gry (wzajemnego oddziaływania) nauczyciela i studentów podczas wykonania zadań w konkretnej sytuacji edukacyjnej mającej na celu podniesienie stopnia zaangażowania studenta w temacie zadania oraz rozszerzenie repozytorium o nowe zadania i sposoby ich rozwiązania.

Proces nauczania w każdej sytuacji edukacyjnej obejmuje aspekt dydaktyczny, badawczy i wychowawczy i odbywa się na poziomach: inteligentnym, informacyjnym i informatycznym, na każdym z których nauczyciel i student mają własne role i stopień zaangażowania. Na poziomie inteligentnym wykonuje się założenia i rozwiązywanie zadań, na poziomie informacyjnym odbywa się wymiana informacji pomiędzy uczestnikami procesu nauczania, poziom informatyczny charakteryzuje się organizacją repozytorium i umiejętnością jego wykorzystania.

Rola nauczyciela polega na opracowaniu modelu ontologicznego odpowiadającego tematowi sytuacji edukacyjnej, ukazaniu źródłowej informacji, sformułowaniu zadań i przedstawieniu metod i przykładów ich rozwiązania w repozytorium. Zadania są tworzone na podstawie ontologii i różnią się od siebie stopniem złożoności.

Rola studenta polega na wyborze zadania i jego rozwiązaniu. Końcowa ocena zależy od prawidłowego rozwiązania i stopnia złożoności zadania. Wykonane przez studenta i wysoko ocenione przez nauczyciela zadanie staje się umieszczone w repozytorium i będzie służyć przykładem dla innych studentów. Wszystkie materiały umieszczone w repozytorium mają zastrzeżone prawa autorskie. W taki sposób student bierze udział w działalności dydaktycznej i zakładamy, że będzie to służyło podniesieniu jego samooceny, co ma pozytywny wpływ na aktywność w nauczaniu, czyli będzie składało się na **funkcję motywacji studenta**.

Równocześnie wypełnienie repozytorium szerokim spektrum rozwiązanych przez studentów zadań stanowi satysfakcję dla nauczyciela za pracochłonny, wymagający dużych wysiłków etap pierwotnego przygotowania repozytorium. To również będzie składało się na **funkcję motywacji nauczyciela**.

Praca z repozytorium nauczyciela i studenta może mieć charakter badawczy. Zakładamy, że tematycznie treść repozytorium pokrywa się z zainteresowaniem naukowo-badawczym nauczyciela, co spowoduje pojawienie się w repozytorium zadań, które różnią się złożonością od typowych zadań. Możemy uznać, że dla pewnej części studentów uczestnictwo we wspólnych badaniach naukowych jest wyzwaniem, możliwość udziału w wynikach naukowych tym bardziej.

Aspekt wychowawczy zostanie ujęty w ten sposób, że zwiększenie repozytorium jest wspólnym sukcesem wszystkich uczestników procesu nauczania. Zastrzeżenie praw autorskich zarówno nauczycieli, jak i studentów wizualizuje aktywny udział każdego uczestnika, ukazując ich wspólny sukces. Odczucie efektu synergii motywuje do rozwoju umiejętności współpracy i tolerancji. Współpraca na odległość wymaga bardziej logicznego formułowania zapytań i odpowiedzi. Wszystko to odpowiada zainteresowaniom nauczyciela i studentów.

**Sytuacja edukacyjna** może być scharakteryzowana odpowiednią ontologią przedmiotu, której pewna część pokrywa się z ontologią zadania (w sensie liczby i stopnia skomplikowania używanych pojęć).

**Zainteresowanie nauczyciela** polega na maksymalnym wypełnieniu repozytorium rozwiązanymi zadaniami o różnym stopniu złożoności.

Kryterium umieszczenia zadania w repozytorium określa nauczyciel: **stopień złożoności zadania** i jego **aktualność dla nauczyciela**, jakość graficzna, poprawność językowa itp. Możliwość realizacji zainteresowań nauczyciela jest ograniczona jego zasobami: czasowymi w wymiarze ilościowym i kalendarzowymi oraz innymi niesformalizowanymi preferencjami.

**Celowa funkcja nauczyciela** polega na maksymalizacji pokrycia sytuacji edukacyjnej zadaniami (przygotowanymi i rozwiązanymi) przy określonych: aktualności tematu zadania dla nauczyciela oraz jego własnych zasobach, jakie jest gotowy przydzielić studentowi dla wykonania określonego zadania (czas konsultacji, dostęp do autorskich materiałów naukowych, sprzęt itp.). Nauczyciel określa swoją funkcję motywacji zanim studenci uzyskają możliwość wyboru zadań – funkcja ta musi bowiem być im znana.

**Zainteresowania studentów** zależą od ich indywidualnych preferencji, według których mogą oni być podzieleni na dwie grupy. Pierwsza grupa studentów zainteresowana jest osiągnięciem minimalnego sukcesu, co oznacza spełnienie minimalnych wymagań dla zaliczenia zadań (niski stopień złożoności zadania, minimalne dopuszczalna ocena za jego rozwiązanie) przy maksymalnej oszczędności swojego czasu. Takie rozwiązania zadań nie trafią w repozytorium. Druga grupa studentów zaangażowana jest w wypełnienie repozytorium by osiągnąć możliwie największy sukces, a mianowicie: rozwiązane przez nich zadania zostaną umieszczone w repozytorium jako ich autorska część materiałów dydaktycznych.

**Funkcja motywacji studenta** polega na maksymalnym spełnieniu swoich zainteresowań podczas wyboru i wykonania zadań przy określonych ograniczeniach zasobów czasowych (własnych i nauczyciela) i sposobu oceniania ich rozwiązań. Z przytoczonych powyżej sformułowań widać, że obie funkcje motywacji zależą od stopnia złożoności zadań, mają wspólnie ograniczenia względem zasobów czasowych. Uzupełnienie repozytorium nowymi rozwiązanymi zadaniami możemy interpretować jako przyrost zasobu wiedzy. Podniesienie motywacji zarówno studentów, jak i nauczycieli zwiększa i przyspiesza przyrost tego zasobu.

Z tego wynika, że model **motywacji w systemie ODL** (dalej model motywacji) powinien obejmować parametry opisujące czynności każdej z zainteresowanych stron: studenta i nauczyciela. Miarą skuteczności ich współpracy będzie przyrost wiedzy w repozytorium, który może być oceniony przez intensywność jego wypełnienia skutecznymi rozwiązaniami zadań.

Przy opracowaniu modelu motywacji trzeba uwzględnić bardzo ważny czynnik: stochastyczny charakter przybycia studentów i **probabilistyczny charakter wykonania zadań**, który wynika głównie z indywidualnego trybu nauczania i **probabilistyczny charakter parametrów motywacji** studentów.

Model motywacji reguluje proces wyboru przez studenta zadań do wykonania z zakresu pewnego przedmiotu na podstawie jego własnej funkcji motywacji z uwzględnieniem wymagań i preferencji nauczyciela. Cały proces, od momentu sformułowania zadań, do momentu ich oceny, umieszczenia w repozytorium oraz utworzenia nowych zadań oczekujących na kolejną grupę studentów gotowych je wykonać opisujemy za pomocą scenariusza gry. Przedstawiony scenariusz jest uniwersalny dla każdej sytuacji edukacyjnej, mającej na celu nabywanie nie

tylko porcji wiedzy, a raczej kompetencji na niej bazującej. Modelowanie scenariusza gry potrzebuje formułowania funkcji motywacji i celowych funkcji uczestników gry w odniesieniu do uzupelnienia repozytorium.

## 5 Formalizacja problemu motywacji

Formalny opis sytuacji edukacyjnej, uwzględniającej motywację uczestników, przedstawia się następująco:

### 5.1 Sytuacja edukacyjna

a) uczestnicy procesu nauczania

$N$  – nauczyciel (prowadzący przedmiot, dysponent repozytorium przedmiotu),

$U_l$  – uczeń,

gdzie

$l=1, \dots, l^*$  – indeks studenta,

$\pi(U) = \{\chi, \lambda\}$  – proces przybycia studentów,

gdzie

$\chi$  – rozkład,  $\lambda$  – intensywność udziału

b)  $G_D = (W_D, S_D)$  – graf ontologiczny przedmiotu nauczania,

gdzie

$W_D$  – wierzchołki grafu (koncepty/ obiekty nauczania),

$S_D$  – krawędzie grafu (relacje pomiędzy konceptami/ obiektami)

c)  $R = \{r_i^k\}$  – repozytorium zadań,

gdzie

$i=1, \dots, i^*$  – indeks zadania,

$k$  – cykl nauczania–uczenia się zorientowany na  $k$ -porcję kompetencji

d)  $\Pi(r_i^k) = \{Q(r_i^k), A(r_i^k)\}$  – parametry zadania  $r_i^k$ ,

gdzie

$Q(r_i^k)$  – stopień złożoności zadania, który może być wyrażony w skali liczbowej  
liczba konceptów/ obiektów ze zbioru  $W_D$ , wchodzących w zadanie),

$A(r_i^k)$  – aktualność zadania – charakterystyka zadania, wyznaczona przez  
nauczyciela, która może być wyrażona w skali binarnej

$$A(r_i^k) = \begin{cases} 1, & \text{jesli zadanie } r_i^k \text{ jest aktualne dla rozmieszczenia w repozytorium} \\ 0, & \text{w przeciwnym przypadku} \end{cases}$$

Aktualne, prawidłowo wykonane zadanie nauczyciel umieszcza w repozytorium zadań R.

## 5.2 Struktura modelu motywacji uczestników procesu nauczania

a) Funkcja motywacji nauczyciela

$$\sigma N(r_i^k) = F_N(H(r_i^k), \bar{X}(r_i^k)),$$

gdzie

$F_N$  – 2-argumentowa funkcja motywacji,

$H(r_i^k)$  – liczba punktów przydzielonych za prawidłowo wykonane zadanie  $r_i^k$ ,

$\bar{X}(r_i^k)$  – zasoby czasowe wydzielone na wykonanie zadania  $r_i^k$  rozumiane jako czas konsultacji (harmonogram konsultacji) wyznaczony dla danego zadania.

b) Funkcja motywacji (preferencji) studenta

$$\sigma U_l(r_i^k) = F_l(W(U_l), C(r_i^k), P(U_l)),$$

gdzie

$F_l$  – 3-argumentowa funkcja motywacji,

$W(U_l)$  – wiedza bazowa (wstępna) studenta  $U_l$ ,

$C(r_i^k)$  – zasoby czasowe wykorzystane przez studenta na wykonanie zadania,

$P(U_l)$  – stopień indywidualnego zainteresowania studenta wykonaniem zadania (wewnętrzna motywacja studenta).

c) Sumaryczna funkcja motywacji studenta przy wyborze zadania:

$$\Sigma(U_l, r_i^k) = \sigma(N, r_i^k) + \sigma(U_l, r_i^k) = F_N(H(r_i^k), \bar{X}(r_i^k)) + F_l(W(U_l), C(r_i^k), P(U_l)),$$

gdzie

$\Sigma$  – sumaryczna funkcja motywacji,

$r_i^k$  – zadanie  $i$  składające się na porcję kompetencji  $k$ ,

$K$  – porcja kompetencji,  $k=1, \dots, k^*$ .

## 5.3 Model współpracy uczestników procesu nauczania

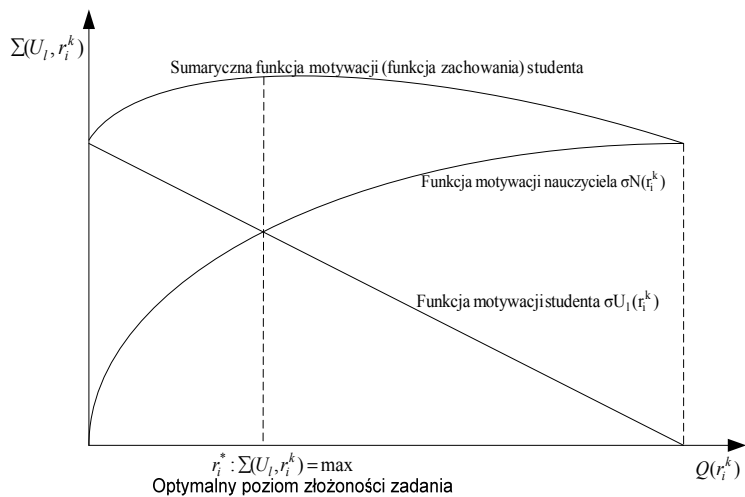
Model współpracy nauczyciela i studenta oznacza zachowanie studenta przy wyborze i wykonaniu zadania.

Fakt wyboru zadania przez studenta możemy oznaczyć jako funkcję binarną

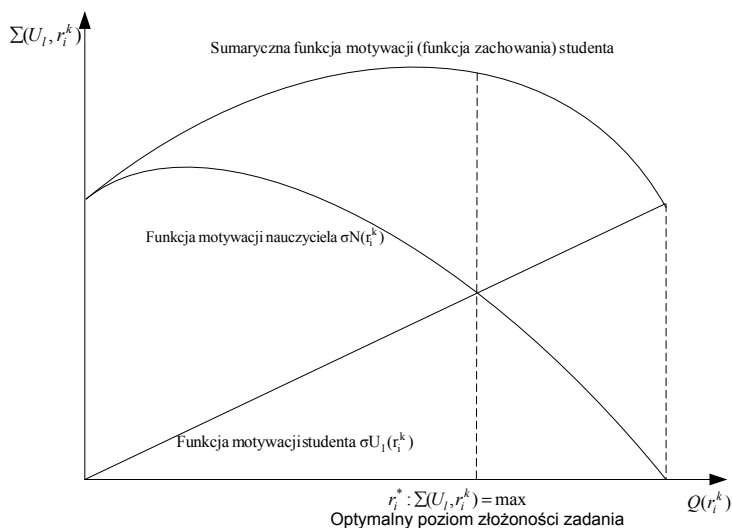
$$\gamma(U_l, r_i^k) = \begin{cases} 1, & \text{jesli student } U_l \text{ wybiera zadanie } r_i^k \\ 0, & \text{w przeciwnym przypadku} \end{cases}$$



Dwa skrajne przypadki kształtowania się motywacji nauczyciela i studenta przedstawiają rysunki 1 i 2. Motywacja studenta, dla uproszczenia, została w obu przypadkach opisana pod postacią liniowej funkcji motywacji. W zależności od tego, czy ukazana jest motywacja uczniów ambitnych czy też nieambitnych, funkcja ta jest odpowiednio rosnąca lub malejąca.



Rysunek 1. Kształt funkcji motywacji podczas realizacji procesu dydaktycznego z grupą nieambitnych studentów



Rysunek 2. Kształt funkcji motywacji podczas realizacji procesu dydaktycznego z grupą ambitnych studentów

Etap identyfikowania motywacji nauczyciela zakłada, że funkcja odzwierciedlająca tę motywację będzie budowana dla każdej grupy studentów. Jej kształt zależy od tego, z jaką grupą studentów pracuje w danej chwili nauczyciel. Krzywa opisująca motywację nauczyciela w ogólnym przypadku ma postać nieliniową i wypukłą. W przypadku studentów nieambitnych funkcja motywacji nauczyciela jest funkcją rosnącą z uwagi na potrzebę ciągłego motywowania studentów do rozwiązywania zadań trudniejszych i wymagających poświęcenia większej ilości czasu. Natomiast, gdy studenci są ambitni i silnie zdeterminowani, by osiągnąć wysoki wynik, funkcja jest malejąca, gdyż z uwagi na istniejące ograniczenia nauczyciel musi kontrolować, hamować zapał/ motywację studentów, chociażby ze względu na ograniczenia czasowe, jakie zostały wprowadzone na rzecz realizacji procesu dydaktycznego.

Natura funkcji zachowania wskazuje, iż jest to funkcja nieliniowa. Kształt nieliniowości wynika z reguł składania funkcji, w tym przypadku funkcji motywacji nauczyciela i studenta. Obydwa składowe elementy celowej funkcji zależą od tego samego argumentu  $r_i^k$  w sposób przeciwny. Sumaryczna funkcja zachowania studenta osiąga maksymalną wartość przy dokonaniu optymalnego wyboru zadania  $r_i^*$  ( $Q(r_i^*)$  – optymalny poziom złożoności zadania).

## 5.4 Celowe funkcje nauczyciela i studenta

### a) Celowa funkcja studenta

Celem studenta jest wzrost jego indywidualnych kompetencji w rezultacie wykonania zadań, co zostaje odzwierciedlone w postaci punktów (ocen) za nabyte porcje kompetencji.

Stąd też celowa funkcja studenta może być wyrażona funkcjonalem:

$$\Phi(U_l) = \sum_k \sum_i H(r_i^k) \gamma(U_l, r_i^k) = \max,$$

gdzie

$\Phi(U_l)$  – wartość funkcji dla studenta  $U_l$  po zakończeniu wszystkich cykli nauczania przedmiotu/ kompetencji,

$H(r_i^k)$  – suma punktów przydzielonych za prawidłowo wykonane zadanie  $r_i^k$ ,

$k=1, \dots, k^*$  – indeks kompetencji,

$i=1, \dots, i^*$  – indeks zadania,

$l=1, \dots, l^*$  – indeks studenta,

$\gamma(u_l, r_i^k)$  – binarna funkcja wyboru zadania,

$\sum_k \sum_i H(r_i^k) \gamma(U_l, r_i^k)$  – sumaryczna liczba punktów otrzymanych przez studenta  $U_l$  po

wszystkich porcjach kompetencji/ ze wszystkich porcji kompetencji

b) **Celem nauczyciela** jest zwiększenie grupowej kompetencji wyrażone liczbą nowych zadań w repozytorium. Kryterium wyboru zadań do umieszczenia w repozytorium wynika z preferencji nauczyciela, która jest wyznaczana przez niego na bieżąco w ramach każdej porcji kompetencji  $k=\{1, \dots, k^*\}$  przez aktualność wykonanego zadania  $A(r_i^k)$ .

Stąd też celowa funkcja nauczyciela może być wyrażona funkcjonalem:

$$\Phi(N) = \sum_k \sum_l \sum_i \gamma(U_l, r_i^k) A(r_i^k) = \max,$$

gdzie

$\gamma(U_l, r_i^k)$  – fakt wyboru zadania przez studenta,

$\sum_k \sum_l \sum_i \gamma(U_l, r_i^k) A(r_i^k)$  – liczba zadań rozmieszczonych w repozytorium po wszystkich

porcjach kompetencji  $k=1, \dots, k^*$  wykonanych z wszystkimi studentami  $l=1, \dots, l^*$ .

Celowa funkcja nauczyciela może być wyrażona w sumarycznej liczbie aktualnych zadań, wykonanych przez wszystkich studentów grupy po wszystkich porcjach kompetencji (ze wszystkich porcji kompetencji).

Przedstawiony powyżej model analityczny jest modelem złożonym, z uwagi na fakt, iż opisuje preferencje człowieka i jego zachowanie w procesie dydaktycznym. Podstawy matematyczne są niezbędne jednak do tego, by scharakteryzować naturę tego procesu oraz zaproponować mechanizm wspierający analizę jego przebiegu.

Z punktu widzenia realizacji procesu dydaktycznego kluczowym zadaniem jest analiza kolejki studentów, których musi obsłużyć nauczyciel, oraz analiza istniejących ograniczeń czasowych, które należy uwzględnić podczas pracy z grupą, a ponadto zestawień ze spodziewaną liczbą zadań mających zasilić repozytorium.

Ograniczeniem dla modelu jest sumaryczny czas konsultacji udzielony studentom przez nauczyciela, który nie może przekroczyć łącznego ustalonego przez nauczyciela zasobu czasowego.

$$\sum_k \sum_l \sum_i \bar{X}(r_i^k) \gamma(U_l, r_i^k) \leq T^N,$$

gdzie

$\bar{X}(r_i^k)$  – zasoby czasowe wydzielone na wykonanie zadania  $r_i^k$  rozumiane jako czas konsultacji (harmonogram konsultacji) wyznaczony dla danego zadania, materiału,

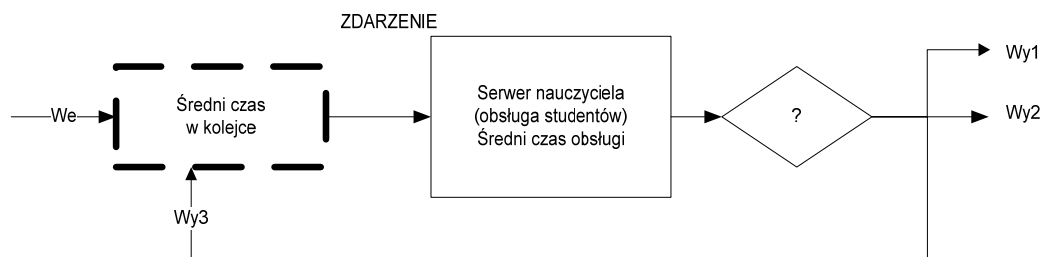
$T^N$  – łączny zasób czasowy nauczyciela.

Identyfikacja motywacji nauczyciela i studentów przy uwzględnieniu potrzeby rozbudowy repozytorium opisana w postaci modelu analitycznego staje się podstawą do przeprowadzenia eksperymentu badawczego (symulacyjnego), którego celem jest znalezienie balansu pomiędzy funkcjami motywacji.

## 6 Model symulacyjny współdziałania nauczyciela i uczniów podczas nabywania kompetencji

Przeniesienie modelu matematycznego zdefiniowanego problemu w środowisko pakietu symulacyjnego wymaga jednak szeregu czynności. Kluczowe jest określenie jednostki w modelu, czyli elementarnego zdarzenia pojawiającego się na wejściu systemu. Definiując elementarne zdarzenie, poznamy źródło ruchu w sieci. Dodatkowo należy określić wszystkie parametry strumienia tych zdarzeń, w tym średnią intensywność pojawiania się zdarzeń, czyli ich liczbę na jednostkę czasu oraz jaki ma ono charakter (stochastyczny czy deterministyczny).

Wychodząc z teorii dotyczącej eksperymentów symulacyjnych, można opracować model symulacyjny, którego głównym zadaniem będzie analiza realizacji procesu dydaktycznego zorientowanego na nabywanie kompetencji. Prowadzona symulacja [10], poprzez wskazanie stopnia obciążenia zasobów, da możliwość wirtualnego badania i na tej podstawie przekształcania procesu nauczania–uczenia się realizowanego w rzeczywistości. Na podstawie wykonanych eksperymentów symulacyjnych i uzyskanych wyników dążyć można do wprowadzania zmian w modelu współpracy pomiędzy nauczycielem i uczniem, zmieniając tym samym plan rozwoju kompetencji. Ogólny schemat modelu symulacji został przedstawiony na rysunku 3.



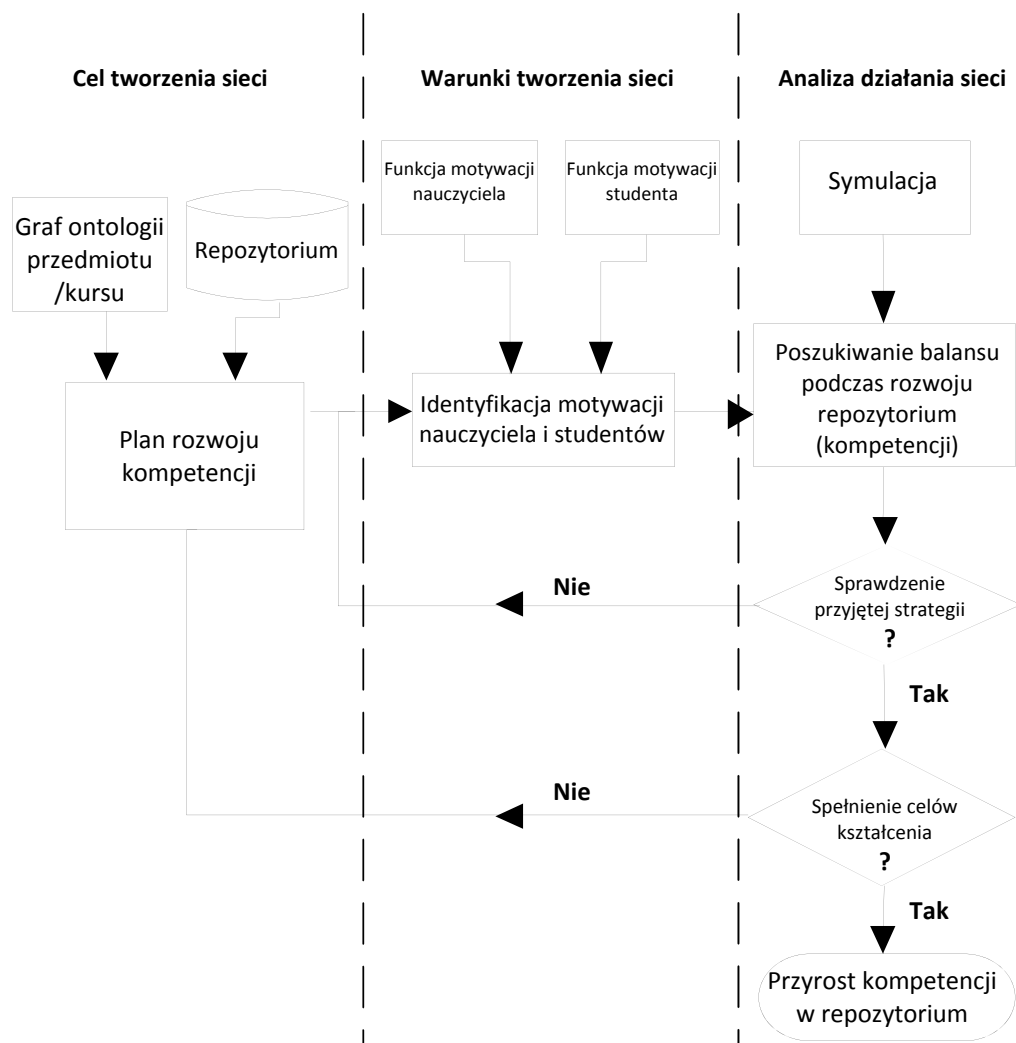
Rysunek 3. Ogólna postać modelu symulacji

Elementem procesu jest zdarzenie, które może być interpretowane jako wpłynięcie pracy studenta do oceny, czy też czas przydzielonych studentowi konsultacji na potrzeby nabywania kompetencji. Charakter przybycia zdarzeń można opisać następująco:

- niezależne od siebie przybycie studentów (prac studentów),
- zdarzenia przychodzą pojedynczo,
- każde zdarzenie musi być obsłużone,
- przybycie zdarzenia nie zależy od przybycia innych zdarzeń.

Symulacja jest narzędziem, z którego bezpośrednio korzysta nauczyciel. Dzięki wynikom uzyskanych z eksperymentów prowadzonych na modelu symulacyjnym, nauczyciel może zmienić strategię pracy ze studentami i dokonać modyfikacji swojej funkcji motywacji np. zmienić stopień trudności zadań stanowiących podstawę nabycia kompetencji – dać więcej zadań łatwych,

co spowoduje zmniejszenie obciążenia nauczyciela, ale jednocześnie zredukuje poziom nabywanych kompetencji. Model symulacji pozwala ocenić różne warianty pracy nauczyciela, który musi brać pod uwagę ograniczenia charakterystyczne dla sytuacji edukacyjnej (czas, rodzaj grupy studentów itp.). Interpretowanie procesu dydaktycznego zorientowanego na nabywanie kompetencji w terminach modelu symulacyjnego należy rozpocząć od określenia łańcucha zależności poszczególnych składowych elementów wpływających na jego przebieg (rysunek 4).



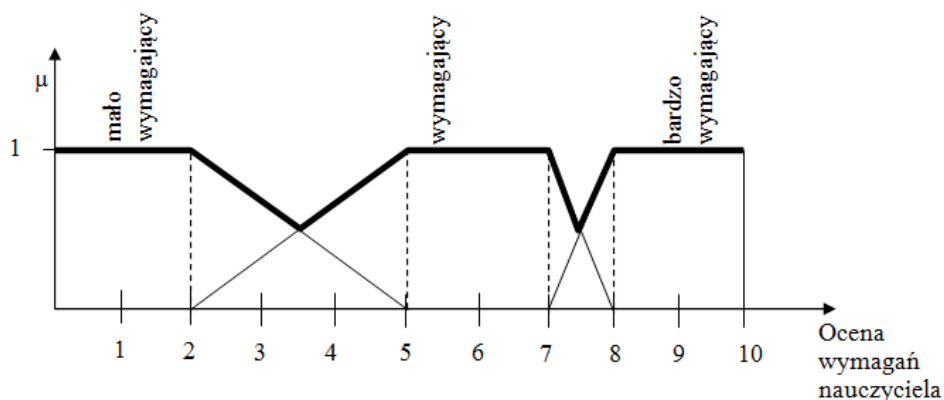
Rysunek 4. Komponenty modelu sieci produkcyjnej nabywania kompetencji w procesie dydaktycznym uczelni

Głównym celem ułożenia tego łańcucha jest wskazanie wpływu poszczególnych jego komponentów na realizację procesu dydaktycznego. To bowiem te komponenty pozwalają rozpatrywać kształcenie jako proces produkcyjny, którego wynikiem ma być przyrost kompetencji wyrażony nowymi zasobami repozytorium.

Pierwszy komponent dotyczy określenia planu rozwoju kompetencji. Wynika to z analizy ontologii i zasobów repozytorium. Zestawienie takie pozwala wyszczególnić, m.in. jakie zadania powinny trafić do repozytorium, liczbę tych zadań, poziom ich skomplikowania itp. Ustalenie wartości tych parametrów powoduje, że można rozpocząć proces formułowania funkcji motywacji. O ile jednak nauczyciel może zdefiniować swoją funkcję motywacji na podstawie czasu, jaki poświęci studentom, sposobu ich obsługi czy liczbie spodziewanych zadań rozwijających repozytorium, to jednak rozpoznanie motywacji studentów, na bazie której szacowane zostanie powodzenie przyjętej strategii rozwoju kompetencji, może być trudne. By jednak założyć pewne prawdopodobieństwo powodzenia strategii pracy z grupą, można proponować narzędzie odkrywania potencjału grupy oparte na lingwistycznej bazie wiedzy. Opracowanie jej wymaga wyspecyfikowania zestawu cech, które na skutek stosownych agregacji składać się będą na określenie motywacji studenta.

Przykładowy zestaw cech, którego celem jest identyfikacja motywacji studentów jest następujący:

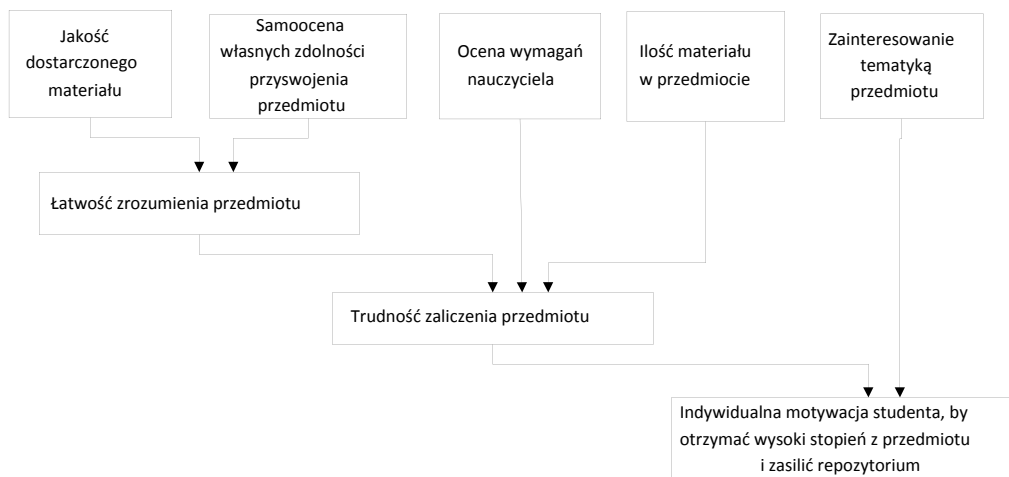
- samoocena własnych zdolności przyswojenia przedmiotu,
- ocena wymagań nauczyciela,
- jakość dostarczonego materiału dydaktycznego,
- zainteresowanie tematyką przedmiotu,
- ilość materiału w przedmiocie (wynikająca m.in. z liczby godzin przypadających na przedmiot, liczby dokumentów do przestudiowania).



Rysunek 5. Przykładowy rozkład kwantyfikatorów lingwistycznych dla cechy „ocena wymagań nauczyciela”

Zgodnie z metodą Andrzeja Piegata [11], każda cecha przyporządkowuje odpowiedniej skali liczbowej kwantyfikatory lingwistyczne. Zadanie to zostało zaprezentowane na rysunku 5 na poprzedniej stronie dla cechy „ocena wymagań nauczyciela”.

Dokonując w kolejnych krokach częściowej agregacji cech zgodnie z przyjętym modelem tworzenia lingwistycznej bazy wiedzy, można określić spodziewany poziom motywacji studenta uczestniczącego w procesie dydaktycznym (rysunek 6).

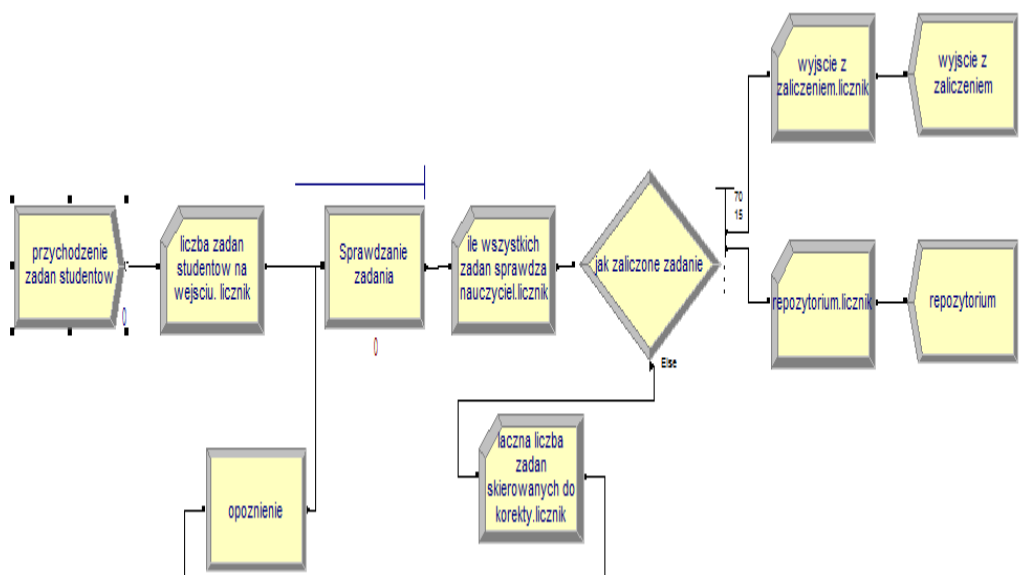


Rysunek 6. Model lingwistycznej bazy wiedzy na potrzeby szacowania motywacji studenta

Analizując motywację studentów na podstawie lingwistycznej bazy wiedzy można zobrazować, jaki będzie potencjał grupy i ich zainteresowanie rozwojem repozytorium (na bazie liczby osób z silną, słabą, przeciętną motywacją). Wyniki analizy na podstawie lingwistycznej bazy wiedzy mogą zatem posłużyć jako informacja, która stanowi fundament do szacowania wstępnych ustawień symulacji w celu np. prognozowania czasu obsługi studentów, prognozowania liczby osób, które chcą rozwijać zasoby repozytorium, prognozowania liczby osób, które będą poprawiały zadania.

Włączenie w proces dydaktyczny mechanizmu oceny realizacji tego procesu w relacji „poniesione koszty – spodziewane korzyści” na podstawie modelu symulacyjnego (rysunek 7) pozwala weryfikować i wprowadzać korekty w ramach strategii pracy nauczyciela z grupą studentów. Ogólna postać modelu symulacji zakłada, że do procesu przybywają studenci, którzy muszą zostać obsłużeni przez nauczyciela, mogą nabyć wysokie kompetencje (źródło nowych zasobów repozytorium), zdobyć przeciętne kompetencje lub też zostać skierowani do poprawy [12]. Podejście to pozwala interpretować pracę nauczyciela ze studentami w terminach systemów kolejkowych, gdzie:

- przy określonej zawartości materiałów dydaktycznych można założyć, że praca nauczyciela polega na sprawdzeniu zadań studentów,
- przy konkretnym kursie, czasie i grupie, praca na stanowisku nauczyciela może być potraktowana jak serwer z określonym wejściem, wyjściem, średnim czasem oceniania,
- średni czas oceniania wynika z doświadczenia nauczyciela i wyników analizy lingwistycznej bazy wiedzy,
- strumień przepływu studentów jest stochastyczny,
- studenci obsługiwani są na pierwszym serwerze, na którym przewiduje się istnienie kolejki.



Rysunek 7. Schemat modelu symulacyjnego pracy nauczyciela z zadaniami grupy studentów wykonany w pakiecie Arena

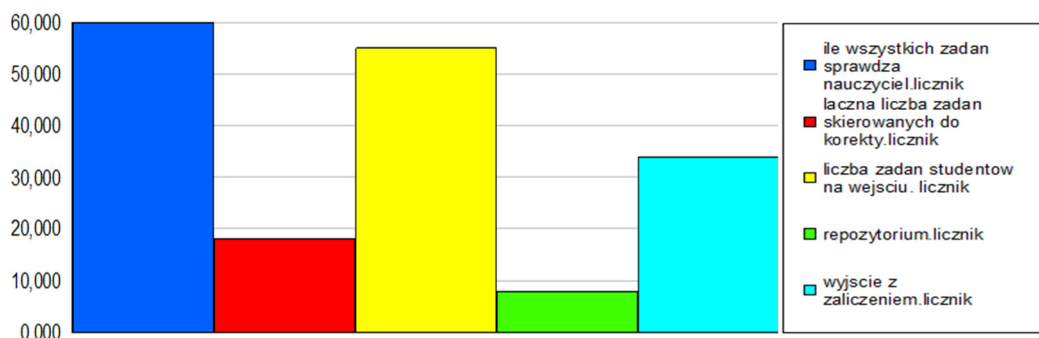
Przeprowadzenie eksperymentów symulacyjnych może być wykonane w pakiecie symulacyjnym Arena, w którym zadanie współpracy nauczyciela ze studentami zostało sprowadzone do postaci oszacowania kosztów czasowych nauczyciela podczas realizacji procesu dydaktycznego, przy założonym poziomie uzupełnienia repozytorium.

Przykładowe parametry, jakie mogą być analizowane na podstawie modelu symulacji są następujące:

- kolejka na stanowisku nauczyciela,
- średni czas studenta w kolejce,



- liczba zadań, które zasilą repozytorium po zakończonym cyklu kształcenia przy założonych motywacjach,
- liczba zadań, które pozwolą na zaliczenie przedmiotu z wynikiem przeciętnym po zakończonym cyklu kształcenia przy założonych motywacjach,
- liczba zadań, które będą kierowane do poprawki, przy założonych motywacjach,
- całkowity czas potrzebny do realizacji procesu kształcenia przy założonych motywacjach oraz konieczności zakończenia kształcenia bez kolejki.



Nazwa licznika	Osiągnięta wartość
ile wszystkich zadań sprawdza nauczyciel.licznik	60
łączna liczba zadań skierowanych do korekty.licznik	18
liczba zadań studentów na wejściu.licznik	55
repozytorium.licznik	8
wyjście z zaliczeniem.licznik	34

Rysunek 8. Wyniki eksperymentu symulacyjnego będące podstawą oceny przyjętej strategii nauczyciela w trakcie pracy z grupą studentów

Wyniki osiągnięte na podstawie symulacji (rysunek 8) są podstawą do zachowania lub zmiany strategii pracy ze studentami. Model symulacyjny w trakcie prowadzenia procesu dydaktycznego może być modyfikowany odpowiednio do potrzeb i wielokrotnie wykorzystywany do zbalansowania możliwości obsługi przez nauczyciela określonej grupy studentów.

## 7 Wyniki końcowe

1. Model motywacji musi być obowiązkowym elementem składowym otwartego systemu nauczania na odległość.
2. Model motywacji obejmuje dwie funkcje motywacji (nauczyciela i studenta), które opisyują ich zainteresowania w wypełnieniu repozytorium wiedzy.

3. Miarą skuteczności współpracy nauczyciela ze studentami według przedstawionego scenariusza będzie stopień wypełnienia repozytorium za określony czas.
4. Zaproponowany model motywacji może być rozwiązany na podstawie jednego ze znanych algorytmów, realizujących niekooperacyjną grę z dominującą strategią w równowadze (RDS).

## Bibliografia

- [1] Barker S., *Psychology* (2<sup>nd</sup> ed.), Pearson Education, Boston 2004
  - [2] Skinner B.F., *Science and Human Behavior*, Free Press, New York 1953
  - [3] *e-Quality: Quality implementation in open and distance learning in a multicultural European environment*, Socrates/Minerva European Union Project, 2003-2006, <http://www.e-qualityeu.org/>
  - [4] Ciszczyk M., *Problematyka procesu zarządzania kompetencjami*, „Metody informatyki stosowanej” 2006, nr 10, s. 173-179
  - [5] Kusztina E., *Koncepcja otwartego systemu informacyjnego nauczania zdalnego*, Prace Naukowe Politechniki Szczecińskiej, nr 589 (1), Wydział Informatyki, 2006, s. 1-163
  - [6] Kusztina E., Zaikin O., Różewski P., *On the knowledge repository design and management in E-Learning*, w: *E-Service Intelligence: Methodologies, Technologies and applications*, (eds.) Lu J., Ruan D., Zhang G., “Studies in Computational Intelligence”, Vol. 37, Springer-Verlag Book 2006, s. 497-517
  - [7] Coombs C.H., Dawes M., Twersky A., *Matematyczna psychologia*, Englewood Cliffs, New York 1970
  - [8] Shubik M., *Game theory in the social sciences: concepts and solutions*, MIT Press, Cambridge 1991
  - [9] Gubko M., Novikov D., *Teoria gier i zarządzanie systemami organizacyjnymi*, SINTEG Moskwa 2002
  - [10] Malinowska M., Kusztina E., Zaikin O., *Model sieci produkcyjnej dla zadań zarządzania wiedzą*, „EduAkcja. Magazyn edukacji elektronicznej” 2012, nr 2 (4), s. 80-88
  - [11] Piegat A., *Materiały dydaktyczne z przedmiotu: metody sztucznej inteligencji*, „Studia Doktoranckie” 2009
  - [12] Ciszczyk M., Różewski P., Kusztina E., *Definicje i standardy repozytorium wiedzy zbudowanego dla potrzeb prowadzenia procesu nauczania*, w: *Studia i materiały Polskiego Stowarzyszenia Zarządzania Wiedzą*, nr 18, (red.) Januszewski A., Polskie Stowarzyszenie Zarządzania Wiedzą, Bydgoszcz 2009, s. 53-60
-

***The motivation model of the learning/ teaching process  
for the competence formation in ODL***

**Abstract**

The article contains the idea of developing a motivation model, the goal of which is to support activity of both students and teachers during implementation and use of an open system of distance learning. The structure of the motivation model and the formal definition of the problem and its solution were described. An approach based on the games theory and simulation model was proposed for solving the task.

**Keywords:** *motivation model, open distance learning (ODL), repository of tasks, simulation model*

