

DYNAMIKA PROCESU EDUKACYJNEGO Z UWZGLĘDNIENIEM MOŻLIWOŚCI FINANSOWYCH I PREDYSPOZYCJI INTELEKTUALNYCH STUDENTÓW

Michał Inkielman

Wyższa Szkoła Informatyki Stosowanej i Zarządzania
Newelska 6, 01-447 Warszawa

W artykule przedstawiono koncepcję modelu procesu edukacyjnego, w którym populacja studentów jest niejednorodną pod względem dwóch wyróżniających cech: możliwości finansowych i predyspozycji intelektualnych. Z cechami tymi powiązane są takie parametry procesu jak odsiew i współczynnik powtarzania roku. Dla tak rozbudowanego modelu podjęto próbę sformułowania zadań sterowania procesem w celu poprawy jego efektywności. Posługując się ogólnym pojęciem zrównoważonego wzrostu, wprowadzono pojęcie zrównoważenia planu studiów i zrównoważenia jego realizacji.

1. Wstęp

W artykule podjęto próbę przedstawienia modelu procesu edukacyjnego uczelni niepublicznej jako dynamicznego procesu ekonomicznego rozpatrywanego zarówno z punktu widzenia zbiorowości studentów, jak też uczelni.

W pierwszym przypadku, student podejmuje określony wysiłek ekonomiczny przy równoczesnym ryzyku: a) nieukończenia studiów, b) braku lub nisko płatnego zatrudnienia po ukończeniu studiów.

W drugim przypadku, uczelnia musi tak sterować strumieniem studentów, aby zapewnić efektywność globalną procesu. W uproszczeniu: należy tak działać, aby wpłaty czesnego pokrywały koszty utrzymania procesu edukacyjnego. Uczelnia musi także uwzględniać obowiązujące standardy i fakt dużej konkurencji na rynku edukacyjnym, a więc spełniać szereg dodatkowych kryteriów, które stanowią o atrakcyjności oferty i zapewniają ciągły napływ kandydatów.

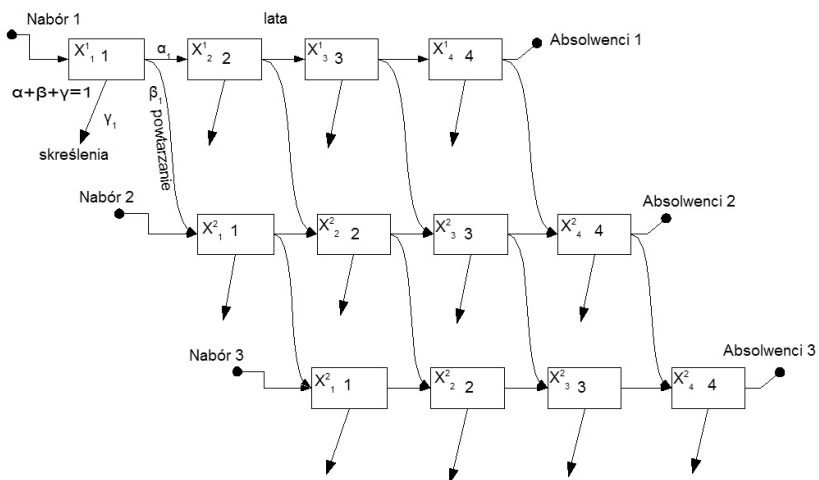
Do najistotniejszych zjawisk decydujących o ocenie procesu edukacyjnego należą: „odsiew” – tj. skreślenia ze studiów po ich rozpoczęciu oraz powtarzanie roku (semestru). Można skonstruować model procesu edukacyjnego generującego parametry odsiewu i powtarzania roku, oparty na jednorodnym statystycznie modelu studentów. W praktyce obserwuje się wyraźne zróżnicowanie populacji studentów pod względem wrażliwości na warunki studiów. Prowadzi to do wniosku, że populację studentów należałoby rozbić na rozłączne grupy reprezentowane w odpowiednich proporcjach w modelu. Pozwala to w prosty sposób modelować zmianę udziału tych grup w populacji studentów w kolejnych etapach procesu.

Podziału studentów na grupy dokonamy z punktu widzenia możliwości finansowych i predyspozycji intelektualnych studentów. Przez możliwości finansowe rozumiemy gotowość poniesienia określonych kosztów, która nie jest tożsama z posiadanymi własnymi zasobami. Na predyspozycje intelektualne składa się zarówno przygotowanie merytoryczne uzyskane na poprzednich etapach edukacji jak pracowitość i zdolność do przystosowanie się do warunków kształcenia.

2. Sieniowa struktura procesu edukacyjnego

Podstawę analizy stanowi sieciowy model dynamiczny procesu nauczania. Przedstawiono zasady budowy modelu i przykłady symulacji prostych przypadków dynamicznych. Przyjęto, dla uproszczenia, że proces edukacyjny składa się z N rocznych etapów; po każdym nich następują egzaminy i na następny rok przechodzą tylko ci studenci, którzy zaliczyli wymagana liczbę przedmiotów i wywiązali się z zobowiązań finansowych. Pozostali są skreślanii lub uzyskują zgodę na powtarzanie roku. Zgoda na powtarzanie roku oznacza przeniesienie studenta do procesu, który rozpoczął się o rok później niż proces, w którym student był poprzednio.

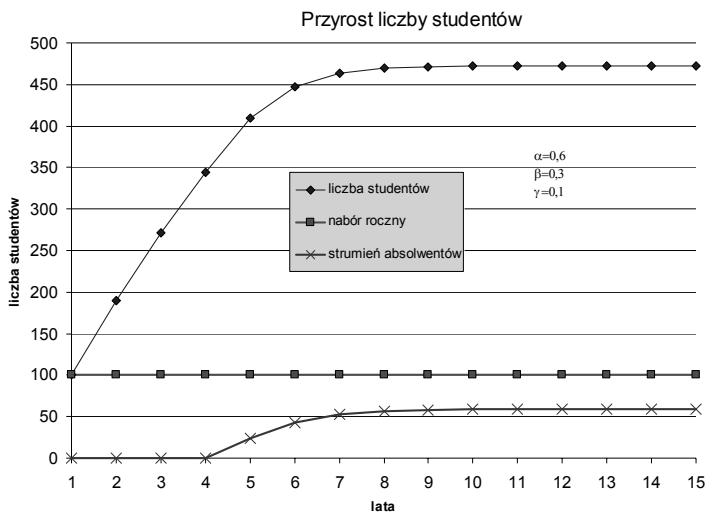
Rozpatrując model procesu edukacyjnego w kolejnych latach możemy go przedstawić jako złożenie kolejno uruchamianych procesów. Na Rys. 1 przyjęto, że proces edukacyjny trwa 4 lata.



Rys. 1. Proces edukacyjny jako złożenie procesów wieloletowych

Każdy etap (rok) każdego ciągu studiów charakteryzuje się trzema parametrami α , β i γ , gdzie $\alpha + \beta + \gamma = 1$, określającymi, jaki procent studentów przyjętych na dany rok uzyskuje promocję na następny rok, α , powtarza rok, β , lub zostaje skreślonych z listy studentów, γ . Niezerowe wartości β i γ powodują, że oprócz opóźnień, typowych dla procesów wieloletowych, w dynamice procesu edukacyjnego pojawiają się „rozmycia” przebiegów czasowych, właściwe dla

dynamiki obiektów inercyjnych. Na wykresach z Rys. 2 przedstawiono typowy przebieg zmian, takich jak zmiana ogólnej liczby studentów i liczby absolwentów, wywołanych skokową zmianą intensywności rekrutacji. Dla przykładowych wartości parametrów α , β , γ liczba studentów uczelni i strumień absolwentów ustalają się prawie po dwóch czteroletnich okresach trwania studiów.



Rys. 2. Zmienność liczby studentów w czasie przy stałym naborze w kolejnych latach (100 nowych studentów).

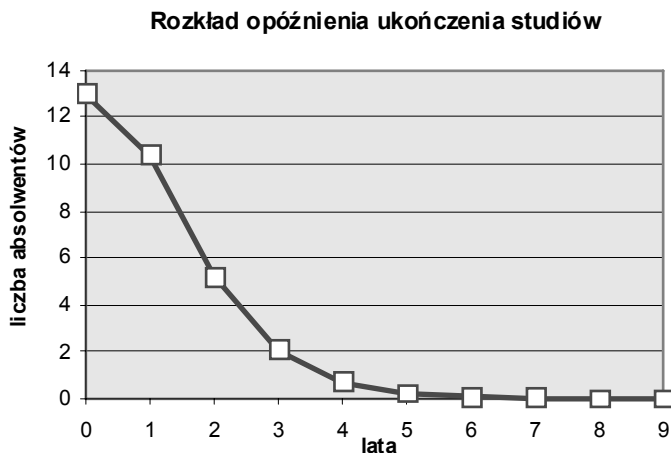
Niezerowe wartości β i γ powodują, że strumień absolwentów ustala się na poziomie znacznie niższym niż strumień rekrutacji, natomiast ogólna liczba studentów jest wyższa, niż byłaby w przypadku idealnym 100% promocji bez odsiewu. Stąd stosunek liczby (bieżących) absolwentów do ogólnej liczby studentów jest daleki od idealnego, 1:4, i w danym przykładzie wynosi prawie 1:6.

Warto zauważyć (Rys. 3), że nawet niewielka wartość współczynnika powtarzania roku $\beta = 0,1$ powoduje znaczne opóźnienia strumienia absolwentów. Dla kilkunastu procent studentów opóźnienie to powoduje wydłużenie czasu studiów nawet dwukrotnie.

Znajomość parametrów procesu pozwala za pomocą symulacji prognozować liczbę studentów i absolwentów uczelni na najbliższe kilka lat.

Statystyki ruchu studentów uczelni dostarczają *a posteriori* informacji o tych parametrach. Stosując procedurę ich określania wielokrotnie, co etap wprowadzając nowe wartości parametrów α , β i γ uzyskane z nowych danych statystycznych, można skonstruować symulacyjny model kroczący umożliwiający prognozowanie liczby studentów całej uczelni, jak i poszczególnych lat studiów w średnich horyzontach czasowych.

Dużo trudniej jest przewidzieć wartości α , β i γ na dalszą przyszłość. Jeszcze trudniej jest określić możliwe działania władz uczelni w celu właściwej zmiany tych parametrów: po pierwsze należy wyjaśnić, co znaczy określenie „właściwej” zmiany, a po drugie, znaleźć sposoby oddziaływania na parametry powtarzania i odsiewu.



Rys. 3. Wpływ współczynnika powtarzania roku na statystykę czasu trwania studiów

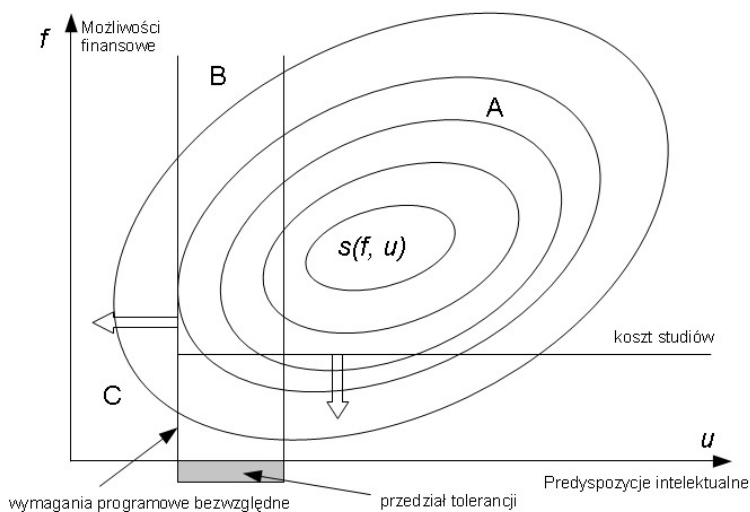
Zauważmy, że model konstruowany według powyższych zasad zakłada jednorodność strumienia studentów. Dość typowa jest sytuacja, w której parametry odsiewu i powtarzania roku mają duże wartości w pierwszych latach studiów danego rocznika a w następnych maleją. Można to przypisać dwu zjawiskom: a) potrzebie adaptacji studentów do warunków studiowania, b) eliminacji w pierwszych latach grupy studentów o cechach predestynujących do odsiewu. Uwzględnienie tego drugiego czynnika jest przesłanką do rozróżniania grup studentów o odmiennych cechach i przedstawienia tego faktu w modelu niejednorodnym.

Należy przy tym posłużyć się cechami, które bezpośrednio mają wpływ na prawdopodobieństwo skreślenia lub powtarzania roku przez studenta.

3. Statystyczne aspekty populacji studentów

W artykule zaproponowano model populacji studentów, dostatecznie prosty, a równocześnie wystarczająco charakteryzujący studenta ze względu na dwa parametry: zdolność ponoszenia obciążeń finansowych kształcenia i zdolność przyswajania wiedzy wymaganej zgodnie z programem studiów. Przyjęto, że

zbiorowość studentów jest populacją statystyczną, opisaną za pomocą dwóch zmiennych losowych: *możliwości finansowych* studenta oraz *możliwości intelektualnych* (*predyspozycji intelektualnych*) studenta. Probabilistyczne właściwości zbiorowości są więc opisane za pomocą dwuwymiarowego rozkładu prawdopodobieństwa, któremu odpowiada funkcja gęstości $s(f, u)$ zilustrowana na rysunku (Rys. 4).



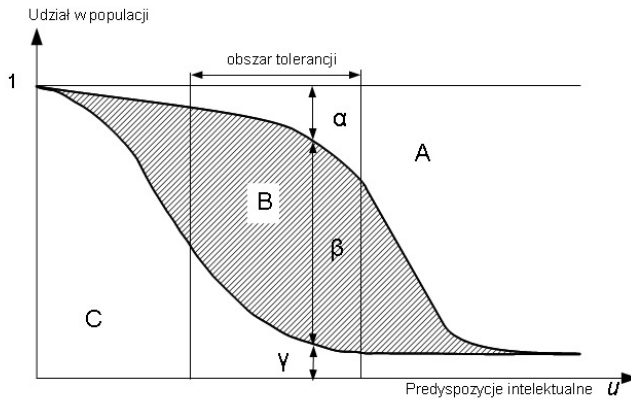
Rys. 4. Dwuwymiarowa funkcja rozkładu prawdopodobieństwa możliwości studentów i jej obcięcie przez wymagania

Na Rys. 4 przedstawiono rozkład populacji studentów na płaszczyźnie „*możliwości finansowe – predyspozycje intelektualne*”. Obszar C, to część populacji, która nie mogąc spełnić wymagań programowych lub finansowych uczelni (nie potrafią lub nie chcą) rezygnuje ze studiów na danym etapie. Obszar B obrazuje tę część populacji, która dzięki możliwości rejestracji warunkowej lub powtarzania roku, może kontynuować studia (przedział tolerancji dla wymagań programowych). Obszar A odpowiada tej części populacji studentów, która bez opóźnień przechodzi na kolejny etap. Łatwo zauważyć, że odcięcie części C populacji studentów modyfikuje rozkład pozostałej grupy, a więc zmieniają się warunki selekcji w następnych etapach.

W rzeczywistości, linie odpowiadające ograniczeniom finansowym lub predyspozycji intelektualnych nie stanowią ostrych progów odcinających części populacji lecz mają charakter niejednoznaczny (Rys. 5). Bardziej odpowiednie byłoby zastosowanie tu funkcji przynależności z teorii zbiorów rozmytych lub rozpatrywanie przejścia osobnika o danych właściwościach do odpowiedniej klasy w kategoriach prawdopodobieństwa. Tak, lub inaczej, pierwotna funkcja $s(f, u)$ rozkładu populacji studentów w przestrzeni możliwości po każdym etapie selekcji

studentów jest modyfikowana i wyniki selekcji na następnych etapach zależą od przekształcenia tego rozkładu na poprzednich etapach.

Na Rys. 5 przedstawiono krzywe selekcji odpowiadające wyidealizowanym granicom odcięcia z Rys. 4. Uwidoczniono przekrój populacji dla ustalonego poziomu możliwości finansowych. Dla każdego poziomu można narysować podobne krzywe. Im mniejsze możliwości finansowe, tym większy jest obszar C, także w zakresie dużych predyspozycji intelektualnych.



Rys. 5. Krzywe selekcji studentów określające prawdopodobieństwo przejścia do grupy A, B, lub C przy ustalonym poziomie możliwości finansowych.

Biorąc pod uwagę fakt, że ograniczenia finansowe i intelektualne są w pewnym stopniu zależne od woli studenta (kandydata), należy przyjąć, że będzie on starał się dostosować swoją funkcję użyteczności do subiektywnych oszacowań własnych możliwości. Oznacza to takie indywidualne dopasowanie preferencji (zbioru kryteriów branych pod uwagę w pierwszej kolejności), aby subiektywnie oceniana funkcja użyteczności mogła osiągnąć dostatecznie wysoką wartość. W konsekwencji, działania sterujące procesem edukacyjnym będą miały różny wpływ na zachowanie studentów, zależnie od tego, czy ich dominującym kryterium będzie czas trwania studiów, ich koszt, czy poziom zdobytej wiedzy. Po pierwsze, mają wpływ na wybór uczelni przez kandydata na studia – jeśli ma dostateczną informację *a priori*. W praktyce taka ewaluacja ma miejsce już po podjęciu studiów. Wówczas czynnik mobilizujący jedną grupę studentów, może pozbawić motywacji inną grupę, w zależności od ich ograniczeń intelektualnych i finansowych oraz ich subiektywnej oceny przez studenta.

Tak zróżnicowane preferencje stanowią podstawowy mechanizm wyboru rodzaju studiów i konkretnej uczelni przez kandydatów na studia. Nie bez znaczenia są przy tym wpływy środowiska rodzinnego i społecznego, np. wykształcenie rodziców, por. Decyzje edukacyjne (2004). Należy więc rozważać celowość ukierunkowania procesów edukacyjnych na określone grupy młodzieży, bardziej niż na wyidealizowany model edukacji – w równym stopniu obiektywnie

najkorzystniejszy, co abstrakcyjny. Zróznicowanie modeli edukacyjnych jest jednym z postulatów diskutowanych w pracy *Polskie uczelnie XXI wieku* (2005).

Powodzenie uczelni w dużym stopniu zależy będzie od czytelnego przedstawienia oferty skierowanej do konkretnej grupy kandydatów i dostosowania całego procesu do dominujących w tej grupie ograniczeń intelektualnych i finansowych – co jest wnioskiem równie banalnym co często lekceważonym.

Dalej pokażemy, że rodzaj prowadzonej polityki "odsiewu" stosowanej przez uczelnię: silna selekcja w pierwszych etapach i złagodzona później lub odwrotnie - odsiew rozłożony w czasie i opóźniony, ma istotny wpływ na przebieg procesu edukacyjnego i jego ocenę zarówno z punktu widzenia pojedynczego studenta, populacji studentów i uczelni kierującej się, między innymi celami ekonomicznymi.

4. Przykłady symulacji procesu edukacyjnego

4.1. Podział studentów na grupy statystycznie jednorodne.

Praktycznie użyteczną metodą analizy zależności procesu edukacyjnego od cech uczestników (studentów) jest podział populacji na pewną liczbę grup wewnętrznie jednorodnych, a różniących się zestawami stosowanych kryteriów i sposobem reakcji na warunki studiowania. Ograniczając się do tej części populacji kandydatów na studia, która wybrała określoną uczelnię, możemy także ograniczyć zbiór cech definiujących te grupy.

Na Rys. 6 zilustrowano sposób grupowania populacji studentów na płaszczyźnie: *predyspozycje intelektualne* – *możliwości finansowe*. Utworzono cztery grupy studentów: a) o małych możliwościach intelektualnych i o małych możliwościach finansowych, b) bez wyraźnych ograniczeń intelektualnych i bez istotnych ograniczeń finansowych, c) bez wyraźnych ograniczeń intelektualnych ale decydującym ograniczeniem finansowym, d) bez istotnych ograniczeń finansowych ale o decydujących ograniczeniach intelektualnych. Grupy te powstają przez podział płaszczyzny: *predyspozycje intelektualne* – *możliwości finansowe* prostymi ograniczeń finansowych i intelektualnych. Zakładamy, że każda z tych grup charakteryzuje się wyróżniającymi wartościami parametrów α , β i γ .

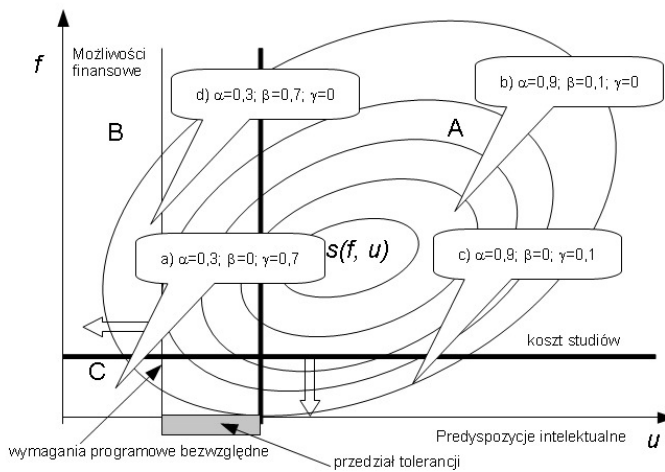
W grupie a) dominuje zjawisko braku awansu studentów na kolejny rok powiązane z rezygnacją ze studiów (małe możliwości finansowe nie motywują do przedłużania studiów w wyniku powtarzania roku). W grupie tej charakterystyczny jest niski wskaźnik promocji (30%) i wysoki odsiew (70%).

W grupie b) studenci nie mają przeszkód w przechodzeniu na wyższe lata, a w przypadku trudności chętnie decydują się na powtarzanie roku. Wskaźnik promocji wynosi tu 90%, a udział powtarzających rok jest rzędu 10% - brak odsiewu.

W grupie c) studenci nie mają większych problemów z promocją (90%), jednakże w przypadku niepowodzeń rezygnują ze studiów ze względu na wysokość opłat (10%).

W grupie d) studenci nie rezygnują nawet w przypadku niepowodzenia promocji. Grupę tę charakteryzuje duży wskaźnik powtarzania roku (70%), promocja na poziomie 30% - odsiew minimalny.

Na pierwszy rzut oka wydaje się, że addytywność modelu pozwala określić ogólne wskaźniki promocji, odsiewu i powtarzania roku na podstawie udziału grup w populacji rozpoczynających studia (np. zakładając równy rozkład populacji na cztery grupy, uzyskamy dla całej populacji wskaźnik promocji 60%, odsiew 20% i wskaźnik powtarzania roku 20%). Czy tak jest w istocie – pokażemy na przykładzie obliczeń modelu symulacyjnego.



Rys. 6. Podział populacji wstępujących na studia na cztery grupy różniące się wrażliwością na ograniczenia finansowe i poziom studiów

4.2. Wyniki symulacji procesu edukacyjnego

W celu zilustrowania powyższych rozważań skonstruowano prosty model procesu nauczania w szkole wyższej o pięcioletnim cyklu nauczania i identycznym programie oraz stałych parametrach odsiewu i powtarzania roku.

Dane użyte w tym modelu są teoretyczne, ale oparto je na analizie współczynników promocji i odsiewu realnego procesu edukacyjnego - studiów czteroletnich (Tabela 1).

Jak pokazaliśmy na Rys. 2 i 3, własności dynamiczne uczelni przejawiają się szczególnie wyraźnie w pierwszym okresie działalności uczelni, jak też przy skokowej zmianie intensywności naboru nowych studentów. Rys. 2 przedstawia przykładowy przebieg "rozruchu" uczelni przy rekrutacji ze stałą intensywnością (100 osób rocznie), to jest: odpowiedzi na skok jednostkowy.

Obserwacja “wyjścia“ procesu – absolwentów, pozwala oceniać oczekiwany czas trwania studiów w zależności od szacowanych współczynników promocji i powtarzania roku (Rys. 3).

Aby dokładniej prześledzić te procesy rozpatrzmy mało realny w praktyce scenariusz, w którym po jednorazowym naborze kandydatów, dokonanym tylko w jednym roku akademickim, obserwujemy stan uczelni w kilkunastu następnych latach. Taki zabieg jest możliwy dzięki liniowości sieciowego modelu przepływu studentów przez uczelnię.

Tabela 1. Liczebność roczników studentów w czasie trwania studiów (w kolejnych latach) z uwzględnieniem skreśleń i powtarzania roku, rejestrowana do początku roku z naboru 6

	nabór	1	2	3	4	5	6
I rok	nowi*	?	248	250	193	235	140
	powt	6	6	23	29	16	
	stan**	?	254	256	216	264	158
	skr***			83	69	47	90
II rok	nowi*	156	165	164	140	158	
	powt	39	55	44	32	?	
	stan**	182	204	219	184	190	
	skr***	30	29	48	21	?	
III rok	nowi*	113	120	127	131		
	powt	9	14	12	?		
	stan**	115	129	141	143		
	skr***	10	28	36	?		
IV rok	nowi*	96	82	93			
	powt	50	42	?			
	stan**	121	137	135			
	skr***			45	?		

*) nowi studenci: na I roku – rekrutacja, na wyższych latach – promocja z poprzedniego roku,

**) stan = nowi + powt (powtarzający) na tym samym roku studiów z poprzedniego naboru,

***) skreśleni: skr = stan – nowi w następnym roku – powt,

? – dane nieznanne w chwili rejestrowania statystyk

Dodatkowo, w eksperymentach symulacyjnych wprowadzono zmienną decyzyjną: regulaminowe pozwolenie lub zakaz powtarzania I i II roku studiów.

Zakładając charakterystykę populacji kandydatów zgodnie z Rys. 6 i równy udział wszystkich czterech grup otrzymujemy zagregowane parametry dla I roku ($\alpha = 0,7$; $\beta = 0,2$; $\gamma = 0,1$). Wynik symulacji odpowiedzi impulsowej dla tak zagregowanego modelu populacji studentów przedstawiają wykresy na Rys. 7. Na wykresach przedstawiono, odpowiednio, liczbę studentów, liczbę absolwentów i prawdopodobieństwo ukończenia studiów przez studentów będących na uczelni w kolejnych latach od chwili rekrutacji w 2005 r.

Na Rys 8 przedstawiono wyniki uzyskane dla modelu zawierającego równocześnie wszystkie cztery grupy studentów. Założono udział tych grup w równych proporcjach na I roku. Obliczenia są prowadzone na czterech równoległych modelach sieciowych, których wyniki w kolejnych etapach są sumowane. Dzięki równoległym obliczeniom modelowana jest zmiana udziału poszczególnych grup w kolejnych latach studiów. Charakterystyki modelu niejednorodnego w istotny sposób różnią się od wyników modelu zagregowanego (Rys. 7).

W szczególności, bardziej optymistycznie wygląda oszacowanie prawdopodobieństwa ukończenia studiów w grupie, która przeszła przez dwa pierwsze lata studiów bez prawa powtarzania roku, oraz znacznie mniej jest zróżnicowany termin ukończenia studiów.

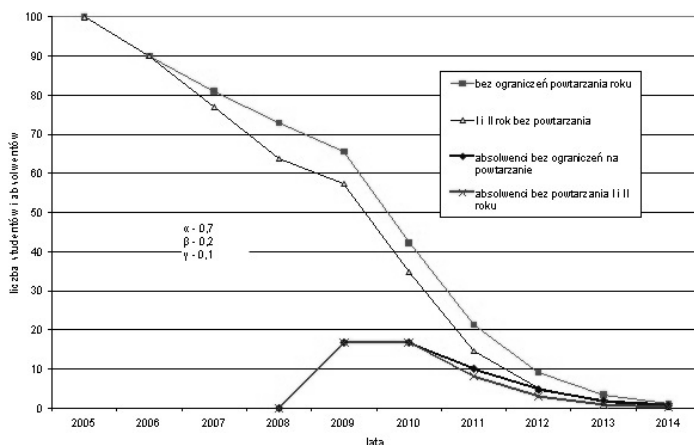
Nawet pobieżna ocena wyników obu modeli pozwala stwierdzić, że niejednorodność cech strumienia studentów powoduje większą wrażliwość procesu na sterowanie: np., zlikwidowanie możliwości powtarzania pierwszych lat studiów dużo wyraźniej wpływa na odsiew i liczbę studentów niż w modelu jednorodnym. Jeśli więc chcemy skutecznie sterować procesem edukacyjnym, zjawisko niejednorodności strumienia kandydatów (a potem studentów) musi być brane pod uwagę.

Na Rys. 9 i 10 przedstawiono wyniki symulacji tych samych zmiennych przyjmując kolejno, że całą populację stanowi grupa a) lub grupa d).

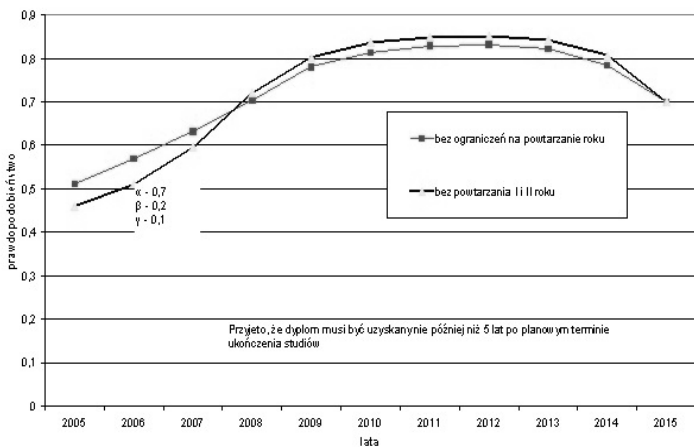
Widać jeszcze wyraźniej różnicę w reagowaniu studentów obu grup na zmianę możliwości powtarzania roku. Grupa studentów o słabych predyspozycjach intelektualnych przedłuża znacznie studia, ale wiąże się to z niewielkim tylko wzrostem szans na uzyskanie dyplomu (Rys. 10).

Podobnie, wysokość czesnego na kolejnych latach studiów, opłaty za powtarzanie roku, dopuszczalna liczba warunków (umożliwiająca uniknięcie powtarzania roku) a także dostosowanie poziomu studiów do udziału zdefiniowanych wyżej grup studentów na kolejnych latach w sposób selektywny oddziałuje na dynamikę tych grup.

W praktyce, do oszacowania pozostaje udział tych czterech grup w populacji kandydatów przyjętych na studia, jednakże wpływ ceny studiów i merytorycznych warunków kwalifikacji na studia (liczba punktów z matury lub egzaminu) są istotnymi czynnikami wpływającymi na tę strukturę.

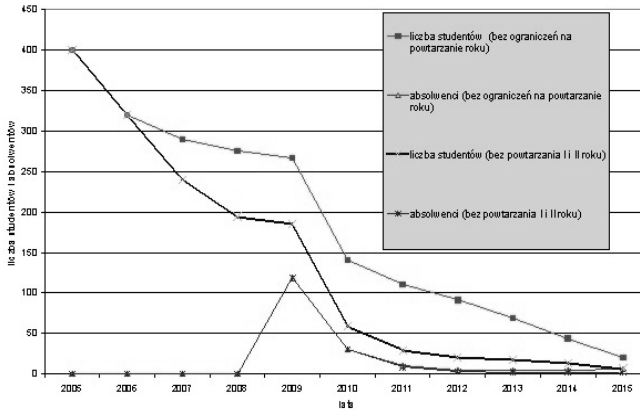


a) Liczba studentów w kolejnych latach studiów z grupy 100 osób przyjętych w 2005 r.

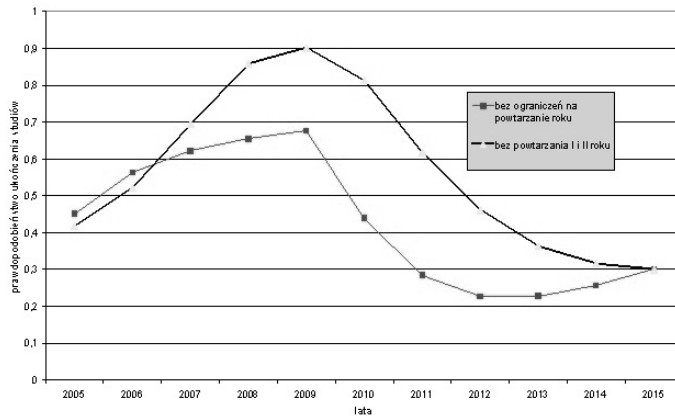


b) Prawdopodobieństwo ukończenia studiów przez osoby pozostające studentami w kolejnych latach

Rys. 7. Wyniki symulacji dla jednorodnego strumienia studentów

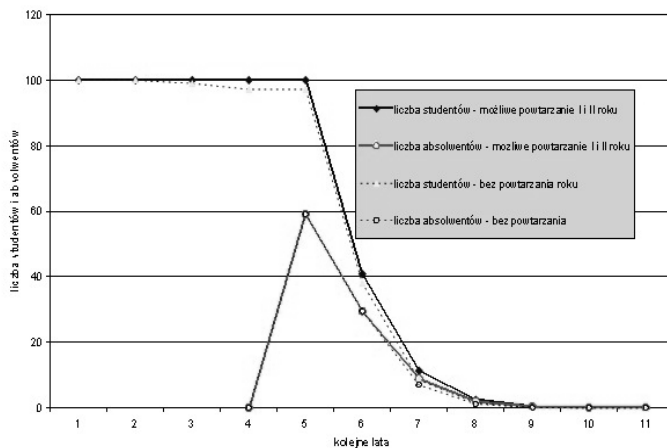


a) Liczba studentów i absolwentów w kolejnych latach studiów z populacji 400 osób przyjętych w 2005 r. (w populacji studentów są reprezentowane w równych częściach wszystkie cztery grupy)

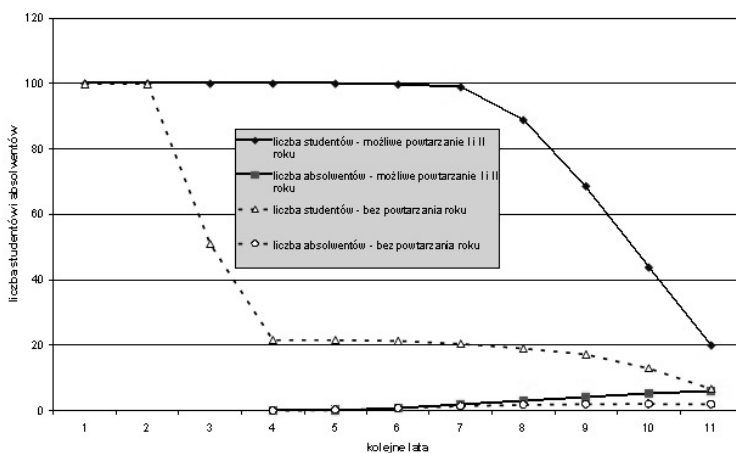


b) Prawdopodobieństwo ukończenia studiów przez osoby rozpoczynające studia w 2005 r. i pozostające studentami w kolejnych latach (w populacji studentów reprezentowane są w równych częściach wszystkie cztery grupy)

Rys. 8. Wyniki symulacji dla niejednorodnego strumienia studentów – 4 grupy o różnych charakterystykach



Rys. 9. Wpływ likwidacji powtarzania I i II roku dla grupy a): $\alpha=0,9$; $\gamma=0,1$. Grupa najlepszych studentów bez problemów finansowych jest mało wrażliwa na sterowanie.



Rys. 10. Wpływ likwidacji powtarzania roku - grupa: $\alpha=0,3$, $\beta=0,7$. Na wykresie: liczba studentów i absolwentów w kolejnych latach studiów jako odpowiedź na impuls 100 kandydatów przyjętych w pierwszym roku.

5. Nierównomierność dynamiki procesu edukacyjnego

5.1. Parametry przebiegu procesu edukacyjnego

Proces edukacyjny polega na przeprowadzenia studenta ze stanu początkowego, określonego jego zasobem wiedzy, przygotowaniem i motywacją do przyswajania nowej wiedzy, do stanu końcowego wyznaczonego przez zbiór parametrów standardu danej dyscypliny i indywidualne aspiracje studenta (lista przedmiotów programu, nakład pracy studenta wyrażony w godzinach lub punktach ECTS). Koncepcja punktacji ECTS jest w istocie sposobem na ilościową ocenę postępów procesu edukacyjnego wyrażoną w szacowanych jednostkach nakładu pracy studenta przy przyswajaniu określonych porcji wiedzy. Tę miarę ilościową uzupełniają uzyskane umiejętności, uzyskane oceny. Plan studiów wyznacza tempo, w jakim realizowane jest dochodzenie do stanu końcowego w przestrzeni wszystkich parametrów tego stanu (w szczególności uzyskanie zaliczenia pełnej listy przedmiotów i uzyskanie nominalnej liczby punktów ECTS).

Traktując proces edukacyjny jako proces rozwoju, do oceny jego jakości można posłużyć się pojęciem *zrównoważonego* rozwoju (w języku polskim pojęcie to nie posiada krótkiego jednoznacznego określenia – a oznacza po części trwałość, intensywność, równomierność i bezpieczeństwo). W przypadku procesu edukacyjnego będzie ono oznaczać równomierne rozłożenie wysiłku, czasu pracy i wykorzystania uzyskanych wcześniej umiejętności tak, aby ryzyko niepowodzenia studentów na kolejnych etapach było jak najmniejsze, a wynik końcowy jak najwyższy (suma ocen).

Proces edukacyjny nazwiemy nierównomiernym, jeśli tempo dochodzenia do stanu końcowego dla co najmniej dla jednego z parametrów jest nierównomierne w czasie.

Trzy podstawowe przyczyny nierównomierności procesu edukacyjnego:

- nierównomierny plan (w tym samym znaczeniu co proces),
- trudności studentów (złe przygotowanie i trudności materialne),
- błędy nauczycieli i odstępstwa od planu.

Parametry standardów warunkujące plany studiów:

- punktowa miara nakładu pracy studenta – punkty ECTS,
- ogólna liczba punktów ECTS,
- zakres tolerancji semestralnej liczby punktów ECTS.

Liczba punktów ECTS w grupach przedmiotów przewidzianych w standardzie,

- przedmioty ogólne,
- przedmioty matematyczne,
- przedmioty specjalistyczne,
- przedmioty inżynierskie,
- lektoraty,
- praca dyplomowa, itd.

Zwykle standardy konkretnego kierunku studiów określają wymagania postulujące równomierność procesu edukacyjnego, tzn. realizacja planu spełniającego wymagania standardu powinna również zapewnić jego równomierność. Na przykład, zakłada się, że w kolejnych latach studiów liczba uzyskanych punktów ECTS powinna tylko nieznacznie różnić się od średniej dla całego procesu. W poniższej Tabeli 2 przedstawiono przykład planu rozłożenia punktów ECTS wymaganych do uzyskania w kolejnych semestrach

Tabela 2 Plany studiów i plany semestralne wyrażone punktami ECTS

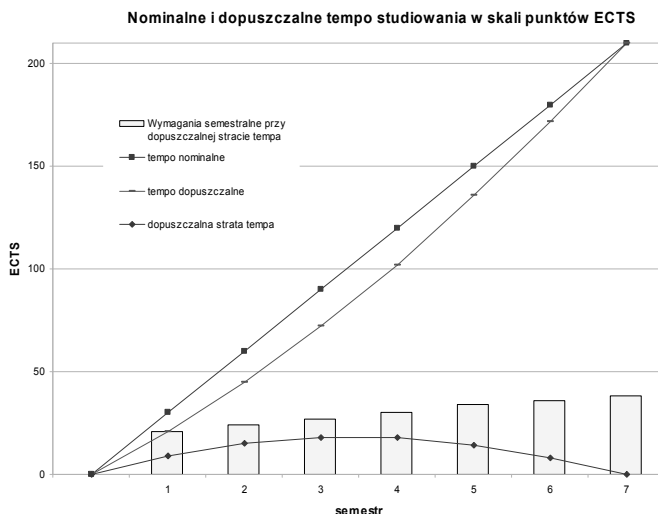
	07/08	07/08 z	06/07	06/07 z	05/06	05/06 z	04/05	04/05 z	03/04	03/04 z		
											suma	
											ECTS	rocznik
				28	30	32	30	30	31	29	210	2003
		30	28	30	30	32	31	29			210	2004
...	30	27	33	31	30	29					210	2005
...	30	30	30	30							210	2006
...	29	30									210	2007
...												

W wierszach zapisane są plany studiów dla poszczególnych roczników studentów, w kolumnach – plany zajęć w kolejnych semestrach akademickich.

W praktyce, zarówno planowe liczby punktów ECTS na poszczególnych semestrach, jak ich akceptowalne realizacje określone wynikami studentów, zakładają określony dopuszczalny margines odstępstwa od założonego tempa wzrostu. Należy jednak zdać sobie sprawę, że przy zadanim czasie trwania procesu edukacyjnego (zadanej liczbie etapów) każde zwolnienie tempa w jednym etapie musi pociągać za sobą odpowiedni wzrost tempa w innych etapach. Może się więc zdarzyć, że korzystanie z dopuszczalnego spadku tempa studiowania prowadzi do nierealizowalnego obciążenia w przyszłości. Na Rys. 11 przedstawiono typową krzywą tolerancji stosowaną przy podejmowaniu decyzji zaliczania studentom kolejnych etapów (semestrów). Student, który skorzysta z możliwości takiej tolerancji w pierwszej połowie studiów, z dużym prawdopodobieństwem nie ukończy studiów w planowanym terminie, gdyż jego obciążenie w ostatnich semestrach wzrasta o ponad 60% względem nominalnego.

Standardy godzinowe (wartości minimalne):

- ogólna liczba godzin dydaktycznych
- liczba godzin dydaktycznych w grupach przedmiotów,
- liczba godzin konkretnych przedmiotów (np. język obcy),
- liczba godzin zajęć w tygodniu (wartości maksymalne),
- dopuszczalne zmniejszenie liczby godzin dla studiów niestacjonarnych,
- dopuszczalna liczba godzin realizowanych w systemie zdalnym – distance learning.



Rys. 11. Deficyt punktów ECTS i jego kumulacja

Grupy następstwa przedmiotów w programie

Przedmioty składające się na program studiów nie są jednostkami niezależnymi. Aby skutecznie podjąć studiowanie określonego materiału, należy przed tym opanować wiedzę zawartą w innych przedmiotach – poprzednikach. Problem ten stanowi poważne wyzwanie przy projektowaniu planu studiów o postaci modelu sieciowego. Po pierwsze należy prawidłowo zdiagnozować merytoryczną potrzebę ustalenia relacji następstwa, określającej częściowy porządek w sieci. Nieuwzględnienie takiej relacji w treści programowej przedmiotów prowadzi do poważnego zakłócenia procesu edukacyjnego: studenci są źle przygotowani, a nauczyciel musi poświęcić zbyt wiele czasu na uzupełnienie luk w ich przygotowaniu. Niektórzy studenci nie są w stanie zaliczyć przedmiotu.

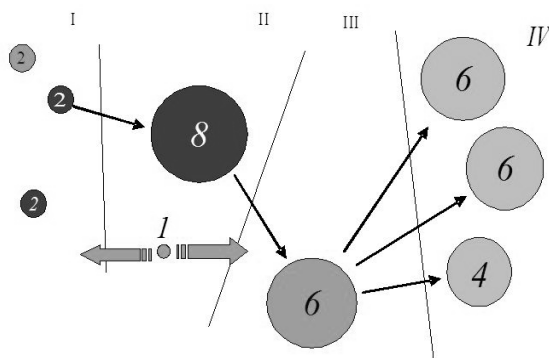
Właściwie ustalone relacje następstw ze swej strony stanowią istotne ograniczenie w konstruowaniu planu.

Formalnie dla zbioru przedmiotów relację następstwa można zapisać następująco:

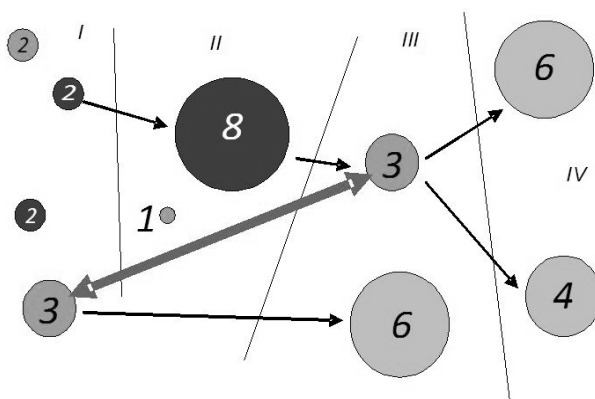
- K przedmiotów programu dzielimy na $N \leq K$ grup tak, że do grupy i należy każdy przedmiot, który ma co najmniej jednego poprzednika obowiązkowego należącego do grupy $i - 1$.
- Przedmiot, który nie ma żadnego poprzednika obowiązkowego należy do grupy 1; musi istnieć co najmniej jeden taki przedmiot.
- W M -etapowym procesie edukacyjnym, w planie i -tego etapu mogą występować przedmioty z grup od 1 do i .

- Liczba etapów musi spełniać warunek $M \geq N$.

W przedstawionym przykładzie (Rys. 12) przedmioty do zaliczenia w kolejnych etapach są reprezentowane przez koła o wielkości proporcjonalnej do liczby punktów ECTS a relacje następstwa przez strzałki między nimi. W danym przykładzie pojawia się trudność: nie ma możliwości utworzenia czteroetapowego procesu z zachowaniem zrównoważenia punktów ECTS w etapach; w czwartym etapie jest ich znacznie więcej niż w poprzednich – jedynym rozwiązaniem byłoby utworzenie piątego etapu.



Rys. 12. Ilustracja konstrukcji planu studiów dla wielu różnych przedmiotów o niejednakowej pracochłonności wyrażonej punktami ECTS.



Rys. 13. Konstrukcja planu po zmodyfikowaniu przedmiotów

Dla uproszczenia rozumowania zapomnijmy na chwilę, że w praktyce uczelni na każdym etapie – semestrze potrzeba uzyskać określoną liczbę punktów ECTS – 30. Naszym celem jest tylko możliwie równomierne rozłożenie obciążenia przedmiotami przedstawionymi na rysunku. Łatwo zauważyć, że z powodu relacji następstwa jedynym swobodnym przedmiotem, który można przenieść, jest przedmiot nr 1.

Następny rysunek (Rys. 13) pokazuje jak, dekomponując jeden przedmiot programu można zmodyfikować zadanie tak, aby czteroetapowy plan był zrównoważony. Korzystamy z tego, że część materiału pierwotnie ustalonego przedmiotu nie wymaga zaliczania poprzedników, a dodatkowo nowy przedmiot przesunięty do etapu I umożliwia zaliczenie do etapu III jednego z przedmiotów poprzednio usytuowanych w etapie IV.

5.2. Wskaźniki nierównomierności realizacji planu (dla populacji studentów)

Jak wspomniano na wstępie równomierność realizacji planu zależy od studentów i od nauczycieli akademickich. Jak podkreślono poprzednio, aby właściwie diagnozować współdziałanie między nimi i wskazać nieprawidłowości stosuje się odpowiednie statystyki mające na celu wykrycie wspólnych cech całej populacji studentów, jak też testy pozwalające wyodrębnić grupy o jednorodnym zachowaniu w procesie edukacyjnym.

Poprawnie przeprowadzona analiza takich statystyk pozwala z jednej strony wskazać etapy i przedmioty, dla których istnieje zagrożenie dla realizacji planu z punktu widzenia całej populacji studentów, a drugiej wykryć niejednorodność populacji studentów z punktu widzenia realizacji planu w jego dynamicznym aspekcie.

W efekcie narzędzia opisane w poprzednich rozdziałach mogą być zastosowane także na wybranych etapach procesu edukacyjnego – tych, dla których powstaje zagrożenie zrównoważenia procesu. Może to być łatwiejsze i mniej kosztowne niż dobieranie grup studentów i wykładowców globalnie dla całego procesu.

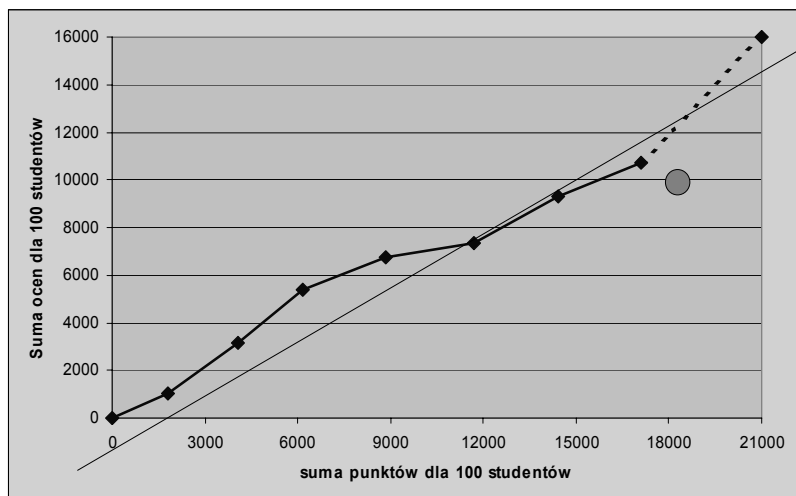
Do statystyk dotyczących całej populacji studentów należą:

- skumulowana średnia liczba punktów ECTS po kolejnych etapach,
- procent zaliczonych przedmiotów ogółem i w grupach przedmiotowych,
- możliwa do podjęcia lista przedmiotów ograniczona warunkami następstwa,
- średnia ocen w skali bezwzględnej (dla wszystkich przedmiotów i dla zaliczonych przedmiotów,
- pozycja rankingowa przedmiotów (wg średniej ocen).

W celu wykrycia niejednorodności w populacji studentów tworzy się listy rankingowe średnich ocen studentów, średnich ocen z poszczególnych przedmiotów w kolejnych latach (kursów) oraz analizuje zmienność tych wielkości z etapu na etap.

Oznaki nierównomierności procesu dydaktycznego (realizacji):

- odbiegający od liniowego przebieg średniej uzyskanej skumulowanej liczby punktów ECTS w populacji studentów w kolejnych etapach (duży niedobór punktów lub duży procent nadwyżek),
- wysoki odsetek studentów, których niska skumulowana liczba punktów uniemożliwia awans na wyższy semestr,
- średnia ocen z przedmiotów zaliczonych skorelowana negatywnie z uzyskaną liczbą punktów ECTS (zaliczona mała liczba przedmiotów z wysoką średnią i nadwyżki punktów przy niskiej średniej).



Rys. 14. Przykład dwuwymiarowej analizy procesu edukacyjnego w przestrzeni: suma punktów ECTS – suma ocen

Na wykresie (Rys. 14) przedstawiono trajektorię procesu edukacyjnego populacji 100 studentów w rzucie na płaszczyznę skumulowanych punktów ECTS i sumy uzyskanych ocen. Prawy górny narożnik wykresu reprezentuje idealny stan końcowy procesu: wszyscy studenci osiągnęli pełną liczbę punktów oraz wszyscy mieli wyłącznie oceny bardzo dobre (5).

Okrąg na końcu trajektorii zaznaczonej linią ciągłą wskazuje punkt końcowy procesu w realnych warunkach: zarówno oceny są niższe, jak i liczba uzyskanych punktów wskazuje, że nie wszyscy studenci uzyskali liczbę punktów umożliwiającą ukończenie studiów w ostatnim (siódmym) etapie. Odległość tego punktu od stanu idealnego może służyć jako miara jakości procesu.

Równocześnie porównując kształt trajektorii z idealnym jej przebiegiem (odcinkiem prostej) można zauważyć, że w poszczególnych etapach niekorzystne zjawiska takie jak zahamowanie ogólnego przyrostu punktów ECTS lub niskie oceny (zwolniony przyrost ich sumy), zawsze negatywnie wpływające na położenie punktu reprezentującego stan końcowy, mają różne nasilenie w poszczególnych etapach. W przykładzie na Rys. 14 słaby wynik końcowy procesu jest spowodowany w pierwszych trzech etapach małą liczbą uzyskanych punktów (wykorzystanie tolerancji przedstawionej na Rys. 11, niezrównoważony plan lub nieprawidłowy wybór przedmiotów przez studentów) i w następnych etapach gorszymi ocenami, być może spowodowanymi przeciążeniem nadmiarem zajęć (nadrabianie opóźnień z pierwszych semestrów).

Zaproponowana powyżej analiza równomierności (lub jej braku) procesu edukacyjnego pozwala wykryć jego niejednorodność na osi czasu i dokonać alokacji jednostek programu i nauczycieli akademickich w celu zmniejszenia odległości stanu końcowego procesu od punktu idealnego (Rys. 14).

6. Uwagi końcowe

Przebieg procesu edukacyjnego jest zwykle oceniany z punktu widzenia wielu kryteriów. Większość z nich nie da się oderwać od ekonomicznego otoczenia tego procesu. W pierwszym rzędzie należałoby zestawić wartość uzyskanego dyplomu z kosztem kształcenia.

W uczelni niepublicznej stosunkowo łatwo można ocenić koszt kształcenia – choć i tu inaczej to wygląda z punktu widzenia uczelni, która szacuje średni koszt studenta, a inaczej z punktu widzenia studenta, który ryzykuje nieukończenie studiów.

Oszacowanie wartości dyplomu w polskich warunkach jest znacznie trudniejsze, jako, że zatrudnienie absolwenta nie zależy wprost od dyplomu: dość typowa jest sytuacja znaczącej liczby studentów, którzy w czasie studiów podejmują dobrze płatną pracę i dyplom, którego ukończenie odkładają przez kolejne lata i traktują jako swoiste zabezpieczenie na przyszłość. Z tego względu łatwa do wy tłumaczenia jest wyraźna wśród kandydatów na studia tendencja do brania pod uwagę niemal wyłącznie kryterium minimum kosztów i minimum ryzyka odsiewu. Prowadzi to do niepokojących wniosków: na rynku uczelni płatnych popularne są studia tanie i niewymagające. Szansą jest więc takie zarządzanie procesem edukacyjnym, aby nie obciążając studentów nadmiernymi kosztami i ryzykiem, wykorzystać wszelkie możliwości pokonania barier intelektualnych studentów bez straty jakości nauczania. Na tę jakość składa się bowiem nie tylko wyposażenie laboratoriów i naukowe zaawansowanie przekazywanej wiedzy ale - nawet bardziej - umiejętności nabyte przez absolwentów. Tak najogólniej, można oceniać efektywność procesu edukacyjnego.

Literatura

- Inkielman M. (2004) Model dynamiki i wielokryterialna ocena wieloetapowego procesu edukacyjnego. *Raport IBS PAN RB/ 46 /2004.*
- Bereziński M., Inkielman M., Wagner D. (2004) Łańcuch Markowa jako model dynamiki uczelnianego procesu edukacyjnego. *Raport IBS PAN RB/63/2004.*
- Bereziński M., Inkielman M., Wagner D. (2005) Sieciowy model stochastyczny procesu kształcenia w szkole wyższej. W: *Materiały KKA 2005*, Warszawa.
- Decyzje edukacyjne (2004) *Zbiór wystąpień i dyskusja. Zeszyty Instytutu Problemów Współczesnej Cywilizacji*, XXIX, Wyd. SGGW, Warszawa.
- Polskie uczelnie XXI wieku (2005) *Opracowanie zespołowe. Zeszyty Instytutu Problemów Współczesnej Cywilizacji*, XXXII, Wyd. SGGW, Warszawa.