

269/2005

Raport Badawczy
Research Report

RB/46/2005

**Model dynamiczny procesu
edukacyjnego z uwzględnieniem
niejednorodności cech
kandydatów na studia**

M. Inkielman

Instytut Badań Systemowych
Polska Akademia Nauk

Systems Research Institute
Polish Academy of Sciences



POLSKA AKADEMIA NAUK

Instytut Badań Systemowych

ul. Newelska 6

01-447 Warszawa

tel.: (+48) (22) 8373578

fax: (+48) (22) 8372772

Kierownik Pracowni zgłaszający pracę:
Prof. dr inż. Roman Kulikowski

Warszawa 2005

MODEL DYNAMICZNY PROCESU EDUKACYJNEGO Z UWZGLĘDNIENIEM NIEJEDNORODNOŚCI CECH KANDYDATÓW NA STUDIA

Michał Inkielman,

Institut Badań Systemowych PAN, Wyższa Szkoła Informatyki Stosowanej i Zarządzania

WSTĘP

W opracowaniu ubiegłorocznym [1] podjęto próbę przedstawienia modelu procesu edukacyjnego uczelni niepublicznej jako dynamicznego procesu ekonomicznego rozpatrywanego zarówno z punktu widzenia pojedynczego studenta, jak też uczelni.

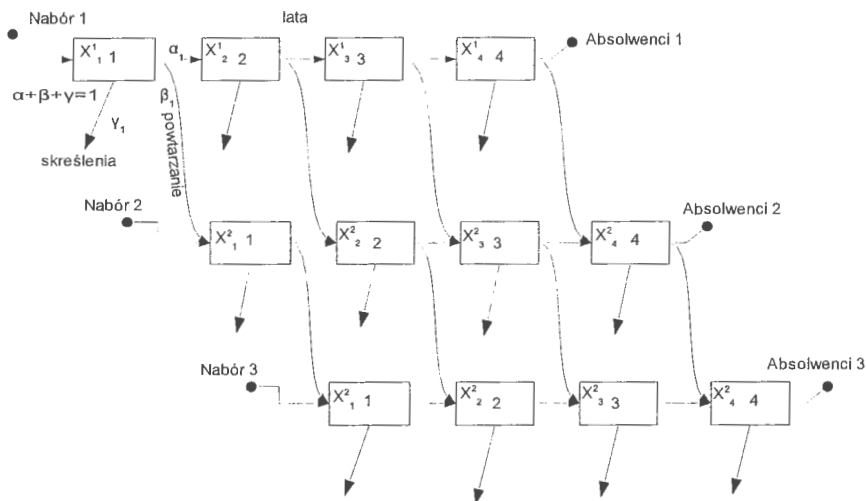
W pierwszym przypadku, student podejmuje określony wysiłek ekonomiczny przy równoczesnym ryzyku: a) nieukończenia studiów, b) braku lub nisko płatnego zatrudnienia po ukończeniu studiów.

W drugim przypadku, uczelnia musi tak sterować strumieniem studentów tak, aby wpłaty czesnego pokrywały koszty na utrzymanie procesu edukacyjnego. Uczelnia musi także uwzględniać fakt dużej konkurencji na rynku edukacyjnym, a więc spełniać szereg dodatkowych kryteriów, które stanowią o atrakcyjności oferty i zapewniają napływ kandydatów.

Do najistotniejszych zjawisk decydujących o większości kryteriów oceny procesu edukacyjnego i jego dynamice należą: „odsiew” – tj. skreślenia i rezygnacja ze studiów po ich rozpoczęciu oraz powtarzanie roku (semestru). Populacja studentów nie jest jednorodna pod względem wrażliwości na te czynniki. Przy dostatecznie dużej liczności tej populacji model wiążący własności procesu edukacyjnego z wymaganiami dydaktycznymi i finansowymi można oprzeć na rozkładach prawdopodobieństwa możliwości finansowych i intelektualnych w zbiorze studentów.

W opracowaniu [1] 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 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 był poprzednio.

Rozpatrując model uczelni w kolejnych latach możemy go przedstawić jako złożenie kolejno uruchamianych procesów. Na poniższym schemacie (rys. 1) zakładamy 4-letni proces edukacyjny:



Uczelnia jako złożenie wieloetapowych procesów edukacyjnych

Rys. 1

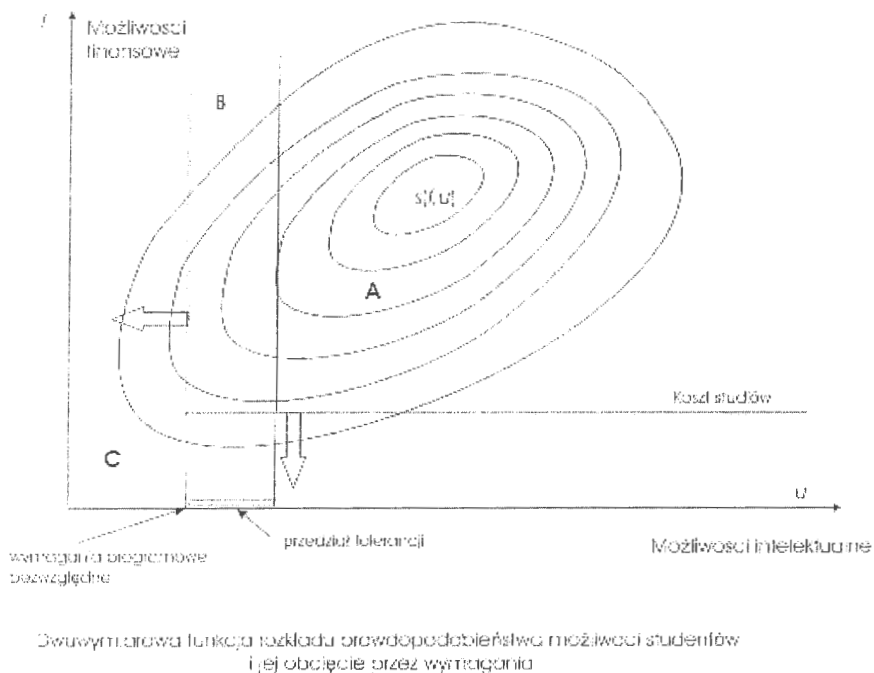
Każdy etap (rok) każdego ciągu studiów charakteryzuje się trzema parametrami α , β i γ , gdzie ($\alpha + \beta + \gamma = 1$), określającymi, jaki procent studentów przyjętych na dany rok uzyskuje promocję na następny rok, powtarza rok lub zostaje skreślonych z listy studentów, odpowiednio – dla prostoty zapisu pominięto indeksy roku i ciągu. Statystyki ruchu studentów uczelni dostarczają *a posteriori* informacji o tych parametrach. W przypadku krótkich ciągów obserwacji można rozwiązywać problem metodami symulacyjnymi opartymi na aktualnych obserwacjach. Stosując procedurę 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.

Dużo trudniej jest przewidzieć wartości α , β i γ na dalszą przyszłość. Jeszcze trudniej jest określić możliwe działania władz uczelni w celu właściwej ich zmiany: po pierwsze

naależy wyjaśnić, co znaczy określenie „właściwej” zmiany, a po drugie, znaleźć sposoby oddziaływania.

1. MODEL SIECIOWY PROCESU I MODEL POPULACJI STUDENTÓW

W opracowaniu [1] zaproponowano model populacji studentów, dostatecznie prosty, a równocześnie dostatecznie charakteryzujący studenta ze względu na dwa parametry: zdolność ponoszenia ciężarów finansowych kształcenia i zdolność przyswajania wiedzy wymaganej zgodnie z programem studiów. Parametry te nazwiemy: *możliwości finansowe* - f i *możliwości intelektualne* - u . Oczywiście, oba te parametry nie są obiektywnymi cechami determinującymi przebieg studiów studenta. Przyjęto, że w danej populacji studentów jest określony względnie stały rozkład prawdopodobieństwa, którego dwuwymiarowa funkcja gęstości $s(f, u)$ może mieć postać jak na rysunku (rys. 2).



Rys. 2

Na rysunku tym przedstawiono rozkład populacji studentów na płaszczyźnie „możliwości finansowe – możliwości intelektualne”. Obszar C, to część populacji, która nie mogąc spełnić wymagań programowych lub finansowych uczelni rezygnuje ze studiów na danym etapie. Obszar B, to ta część populacji, która dzięki ułatwieniom w postaci rejestracji warunkowej lub powtarzania roku, ma możliwość kontynuowanie studiów (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 ograniczeniu finansowego lub intelektualnego (rys. 2) nie stanowią zdeterminowanych progów odcinających części populacji lecz są mają charakter niejednoznaczny. Bardziej odpowiednie jest zastosowanie tu funkcji przynależności z repertuaru środków logiki rozmytej lub rozpatrywanie przejścia osobnika o danych właściwościach do odpowiedniej klasy w kategoriach prawdopodobieństwa (to ostatnie podejście uzasadnione w przypadku odpowiednio licznych populacji). W ten lub inny sposób, pierwotna funkcja rozkładu populacji studentów w przestrzeni możliwości $s(f, u)$ po każdym etapie selekcji studentów jest modyfikowana i wyniki selekcji na kolejnych etapach zależą od przekształcenia tego rozkładu na poprzednich etapach.

Biorąc pod uwagę fakt, że ograniczenia finansowe i intelektualne są w znacznym stopniu niezależne od woli studenta (kandydata) należy przyjąć, że będzie on starał się dostosować swoją funkcję użyteczności do własnych oszacowań możliwości. Oznacza to takie indywidualne dopasowanie preferencji (zbioru kryteriów branych pod uwagę w pierwszej kolejności), aby subiektywnie oceniana funkcja użyteczności miała dostatecznie wysoką wartość. W konsekwencji działania sterujące procesem edukacyjnym będą miały różny wpływ na zachowanie studentów. Czynniki mobilizujący jedną grupę studentów, może pozbawić motywacji inną grupę, w zależności od ich usytuowania względem ograniczeń intelektualnych i finansowych.

Tak zróżnicowane preferencje stanowią podstawowy mechanizm wyboru rodzaju studiów i konkretnej uczelni przez kandydatów na studia. Nie bez znaczenia są przy tym wpływy środowiskowe, np. wykształcenie rodziców [4]. Należy więc rozważać celowość tworzenia procesów edukacyjnych bardziej ukierunkowanych na określone grupy młodzieży niż na idealizowany model edukacji – w równym stopniu obiektywnie najkorzystniejszy, co abstrakcyjny. Zróżnicowanie modeli edukacyjnych jest jednym z postulatów dyskutowanych w poracowaniu [5].

2.GRUPOWANIE STUDENTÓW W POPULACJI ZE WZGLĘDU NA ODSIEW I POWTARZANIE ROKU.

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 określona uczelnię, możemy także ograniczyć zbiór cech definiujących te grupy.

Na rysunku (rys. 3) przedstawiono sposób grupowania populacji studentów na płaszczyźnie: *możliwości_intelektualne*-*możliwości_finansowe*. Utworzono cztery grupy studentów: a) słabo przygotowani o małych możliwościach finansowych, b) dobrze przygotowani bez istotnych ograniczeń finansowych, c) dobrze przygotowani o decydującym ograniczeniu finansowym, d) dobrze sytuowani materialnie, ale o decydujących ograniczeniach intelektualnych. Grupy te powstają przez podział płaszczyzny: *możliwości_intelektualne*-*możliwości_finansowe* prostymi ograniczeń finansowych i intelektualnych.

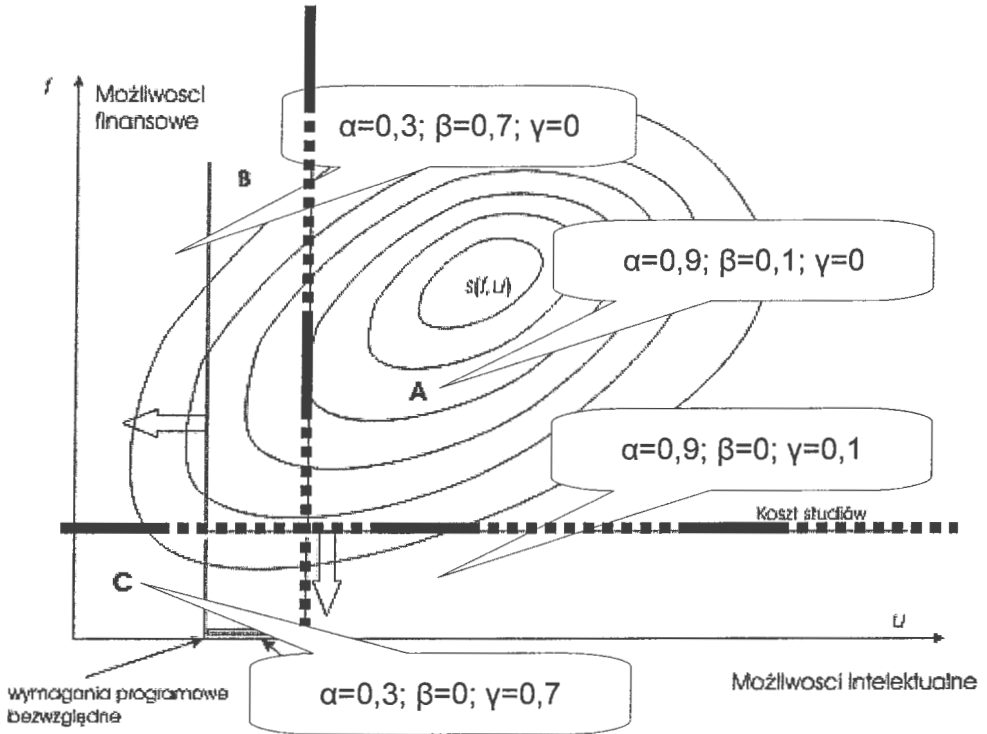
W grupie a) dominuje zjawisko braku awansu studentów na kolejny rok powiązane z rezygnacją ze studiów (małe możliwości finansowe nie motywują do przedłużania studiów w wyniku powtarzania roku). W grupie tej charakterystyczne jest niski wskaźnik promocji (30%) i wysoki odsiew (70%).

W grupie b) studenci nie mają przeszkód awansowaniu 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 opłaty (10%)

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

Na pierwszy rzut oka można przypuszczać, że addytywność modelu pozwala określić ogólne wskaźniki promocji, odsiewu i powtarzania roku na podstawie udziału grup w populacji rozpoczynających studia (zakładając np. równy rozkład populacji na cztery grupy, uzyskamy dla całej populacji z rys. 3 wskaźnik promocji 60%, odsiew 20% i wskaźnik powtarzania roku 20%). Czy tak jest w istocie – pokażemy na przykładzie obliczeń modelu symulacyjnego.



Dwuwymiarowa funkcja rozkładu prawdopodobieństwa możliwości studentów i jej obcięcie przez wymagania

Rys. 3 Podział populacji wstępujących na studia na cztery grupy różniące się wrażliwością na ograniczenia finansowe i poziom studiów

3. PRZYKŁADY SYMULACJI MODELU UCZELNI

W celu zilustrowania powyższych rozważań skonstruowano prosty model uczelni, której procesami edukacyjnymi są pięcioletnie studia o identycznym programie i stałych parametrach odsiewu.

Dane użyte w tym modelu są teoretyczne, ale oparto je na analizie współczynników promocji i odsiewu realnego procesu edukacyjnego - studiów czteroletnich (tabela na rys. 4).

Jak pokazaliśmy w [1], własności dynamiczne uczelni przejawiają się szczególnie wyraźnie w okresie "rozruchu" uczelni jak też przy skokowej zmianie intensywności naboru nowych studentów. Na rys. 5 przedstawiono przykładowy przebieg "rozruchu" uczelni przy rekrutacji ze stałą intensywnością 100 osób rocznie. Obserwacja "wyjścia" procesu - absolwentów, pozwala oceniać oczekiwany czas trwania studiów w zależności od szacowanych współczynników promocji i powtarzania roku (rys. 6 i 7)

Aby dokładniej prześledzić te procesy przedstawimy je w formie „odpowiedzi impulsowej” tj. przyjmując 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.

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

Zakładając charakterystykę populacji kandydatów zgodnie z rys. 3 i równy udział wszystkich czterech grup otrzymujemy zagregowane parametry dla I roku ($\alpha = 0,6$; $\beta = 0,2$; $\gamma = 0,2$). Wynik symulacji odpowiedzi impulsowej dla tak zagregowanego modelu populacji studentów przedstawiają rysunki: rys. 8 i rys. 9. Na wykresach przedstawiono odpowiednio stan (liczbę) studentów, liczbę absolwentów i prawdopodobieństwo ukończenia studiów przez studentów będących na uczelni w kolejnych latach od chwili rekrutacji w 2005 r.

Na kolejnych wykresach (rys. 10 – 17) przedstawiono wyniki symulacji tych samych zmiennych przyjmując kolejno, że całą populację stanowi grupa a), grupa b), grupa c) lub grupa d).

Na ostatnich dwóch rysunkach przedstawiono wyniki uzyskane na modelu zawierającym równocześnie wszystkie cztery grupy studentów. Założono udział tych grup w równych proporcjach na I roku. Dzięki równoległym obliczeniom tych grup modelowana jest

zmiana ich udziału w poszczególnych latach studiów. Łączne charakterystyki modelu przedstawione na wykresach (rys.18 i 19) w istotny sposób różnią się od wyników modelu zagregowanego. W szczególności bardziej optymistycznie wygląda oszacowanie prawdopodobieństwa ukończenia studiów w grupie, która przetrwała na studiach po dwóch pierwszych latach bez prawa powtarzania roku, oraz znacznie bardziej skupiony jest termin ukończenia studiów.

W praktyce, do oszacowania w każdym razie pozostaje udział tych czterech grup w populacji kandydatów przyjętych na studia, jednakże analiza jakościowa wpływu ceny studiów i merytorycznych warunków kwalifikacji na studia (liczba punktów z matury lub egzaminu) jest dość oczywista.

Podobnie, wysokość czesnego na kolejnych latach, 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.

Liczebność roczników studentów w czasie trwania studiów (w kolejnych latach studiów) z uwzględnieniem skresleń i powtarzania roku
(na przykładzie wybranego systemu studiów w kolejnych latach akademickich)

	I rok				II rok				III rok				IV rok			
	nowi*	repete	stan**)	skr.***	nowi*	repete	stan**)	skr.	nowi*	repete	stan**)	skr.	nowi*	repete	stan**)	skr.
nabór 1	?		?		155		182		113		115		96		121	
po roku:		6				39		30		9		10		50		
nabór 2	248		254		165		204		120		129		87		137	
po roku:		6		83		55		29		14		28		42		45
nabór 3	250		256		164		219		127		141		93		135	
po roku:		23		69		44		48		12		36		?		?
nabór 4	193		216		140		184		131		143					
po roku:		29		47		32		21		?		?				
nabór 5	235		264		158		190									
po roku:		16		90		?		?								
nabór 6	140		156													
		?		?												

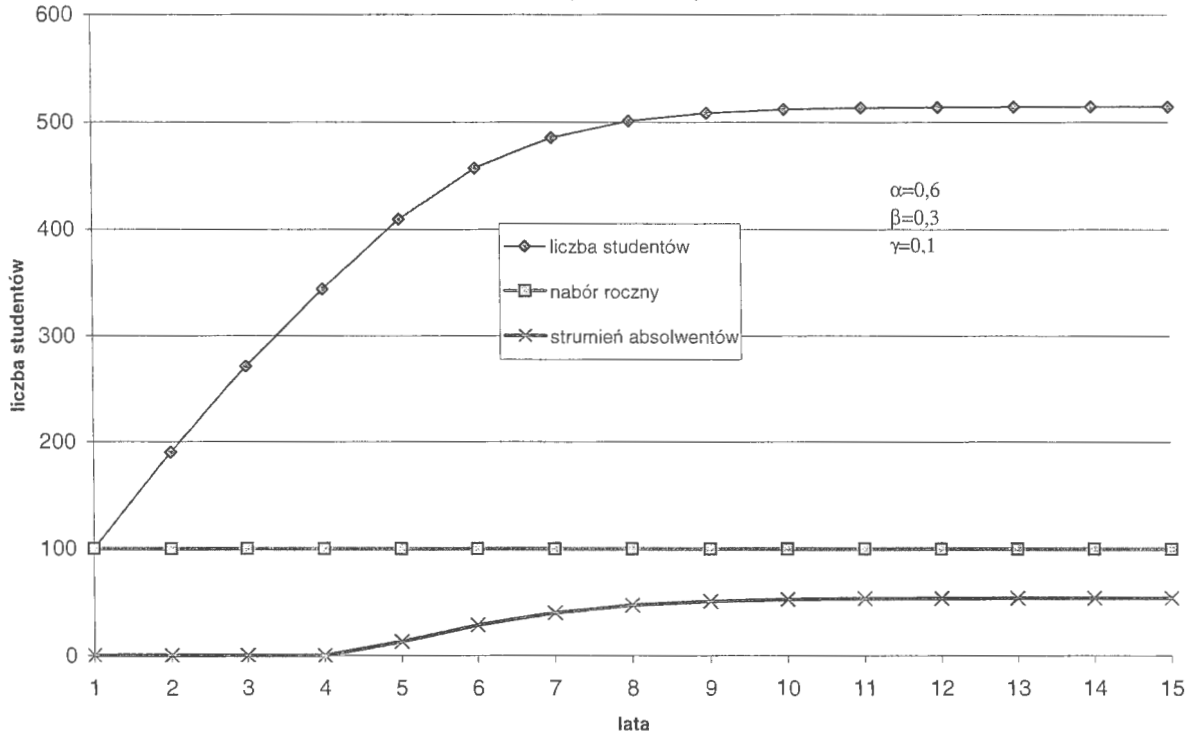
*) Nowi studenci na I roku - rekrutacja

Nowi studenci na wyższych latach - promocja z poprzedniego roku

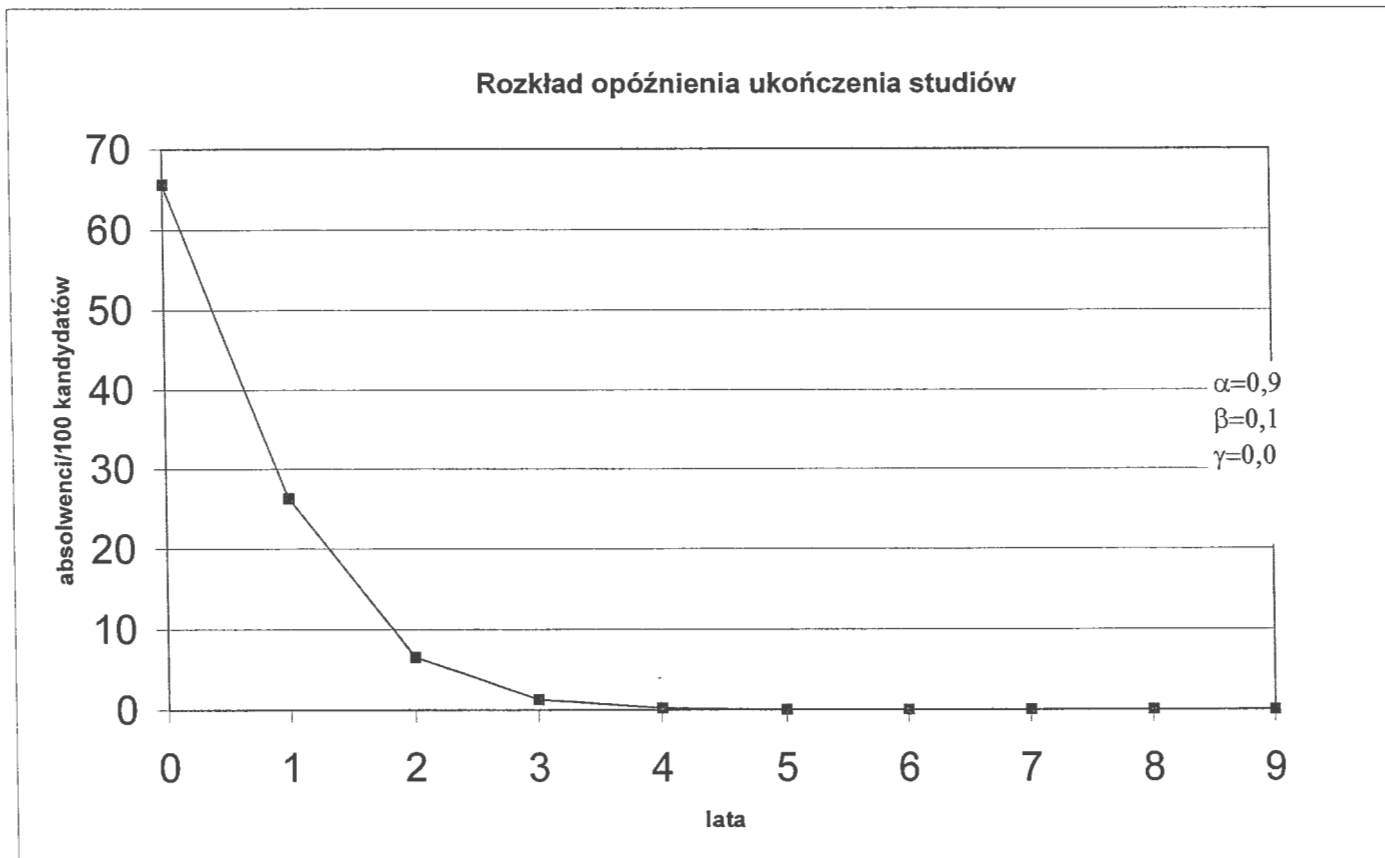
***) Stan= nowi + repete na tym samym roku studiów z poprzedniego naboru

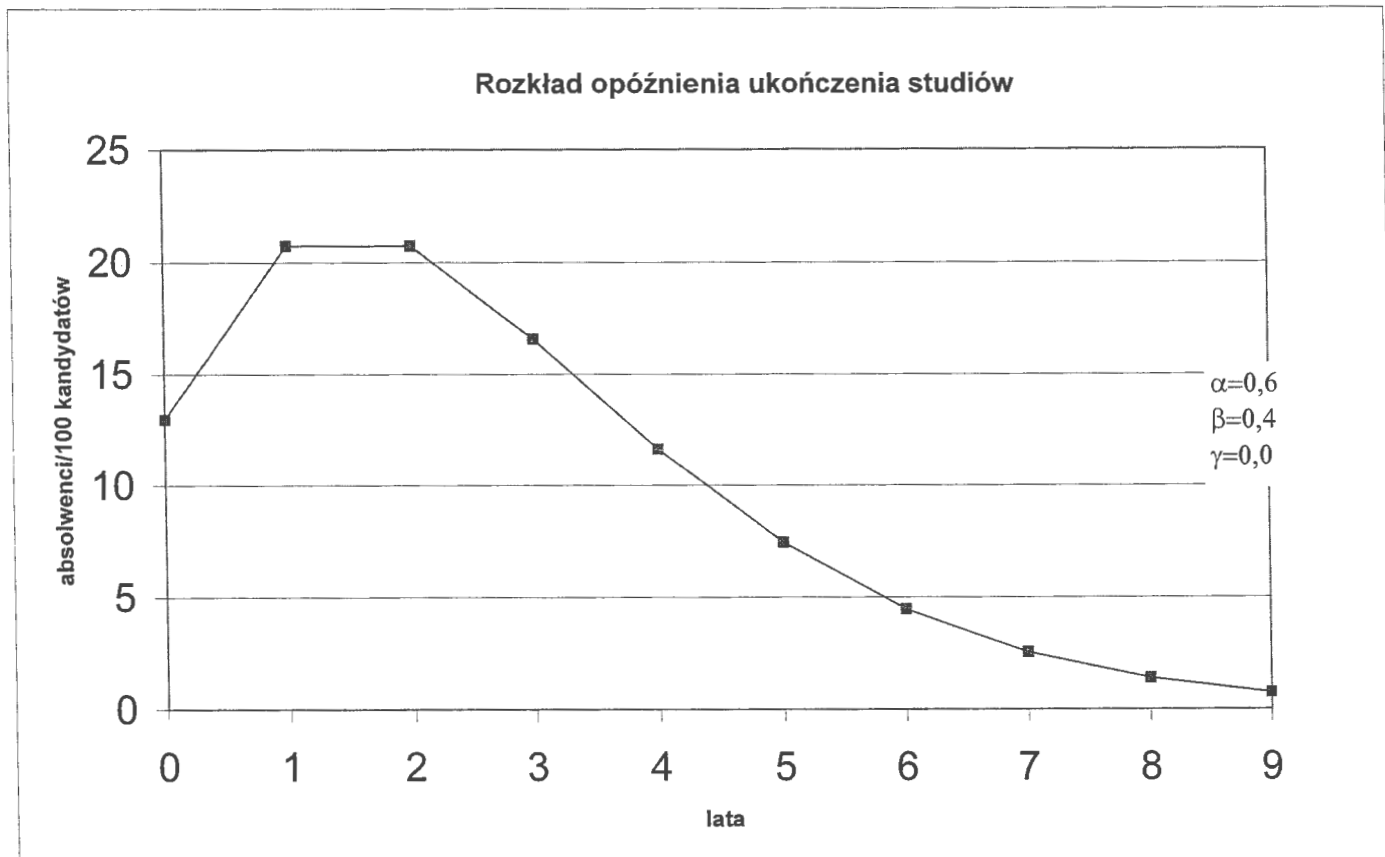
****) Skresleń: skr.= stan - nowi w następnym roku - repete

Przyrost liczby studentów



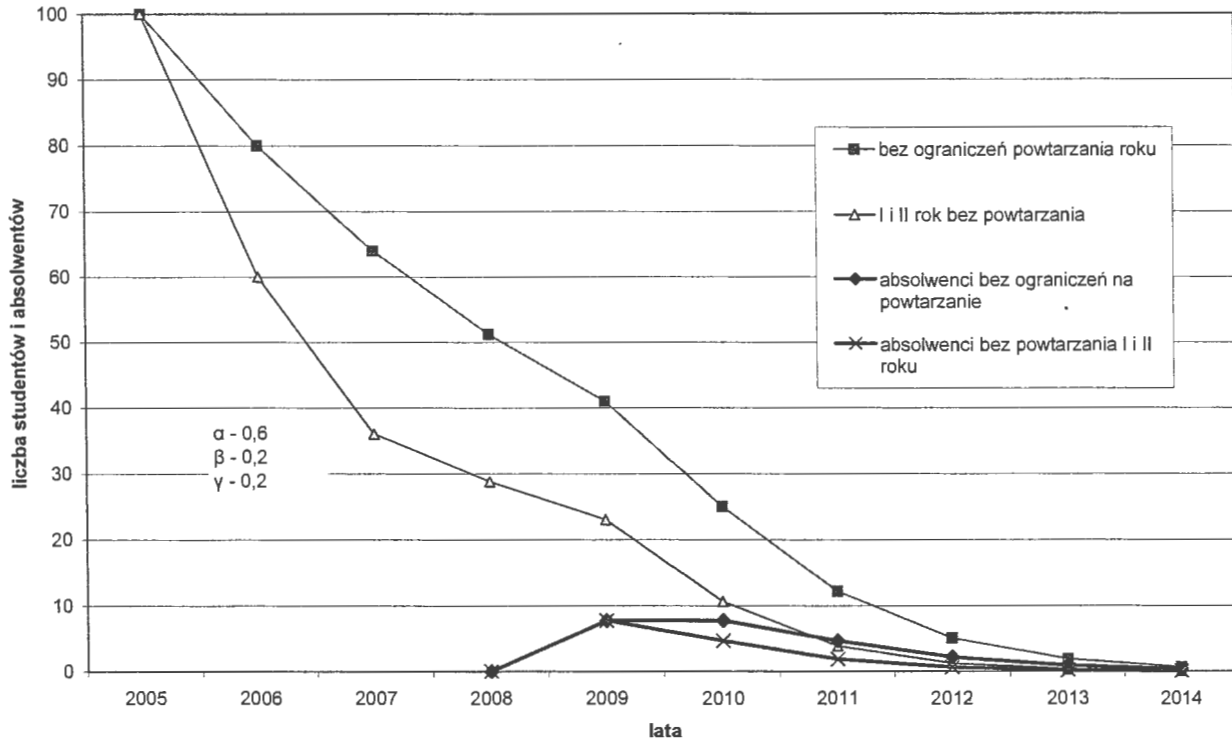
Rys. 5 Dynamika „rozruchu” procesu edukacyjnego

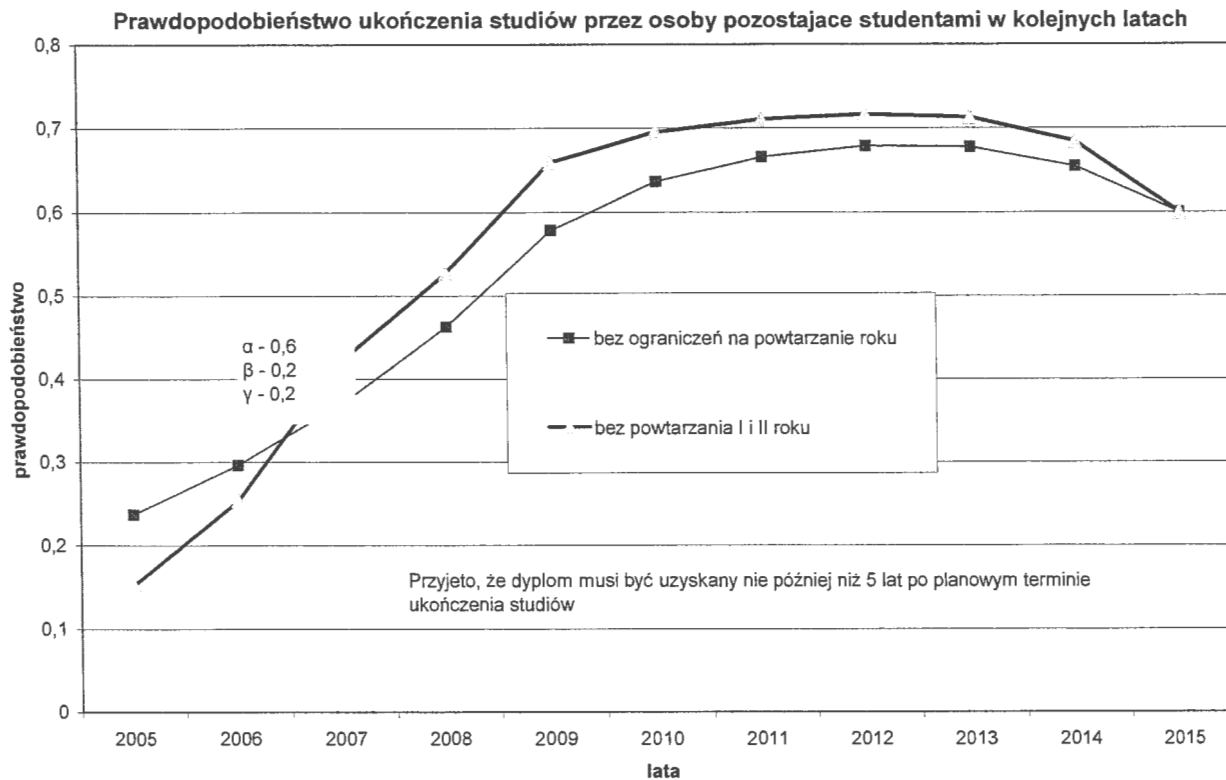




Rys. 7 Rozkład opóźnienia ukończenia studiów przy wysokim wskaźniku powtarzanie roku

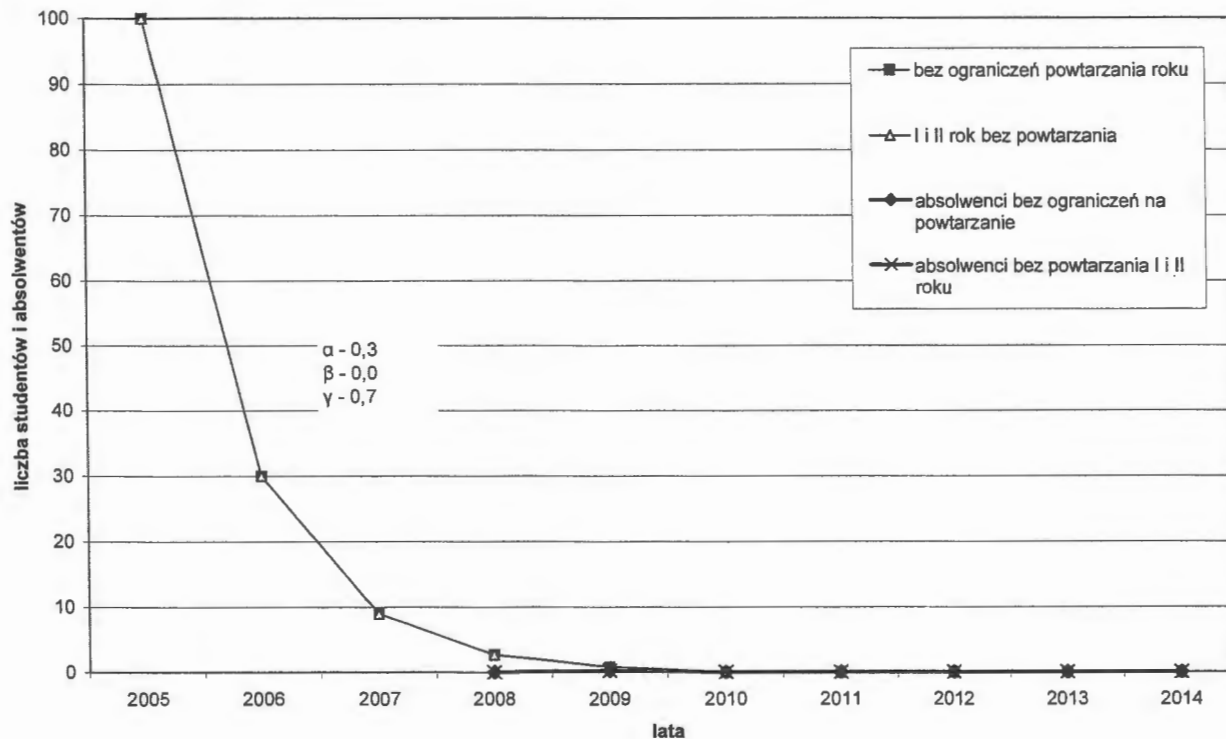
Liczba studentów w kolejnych latach studiów z grupy 100 osób przyjętych w 2005 r



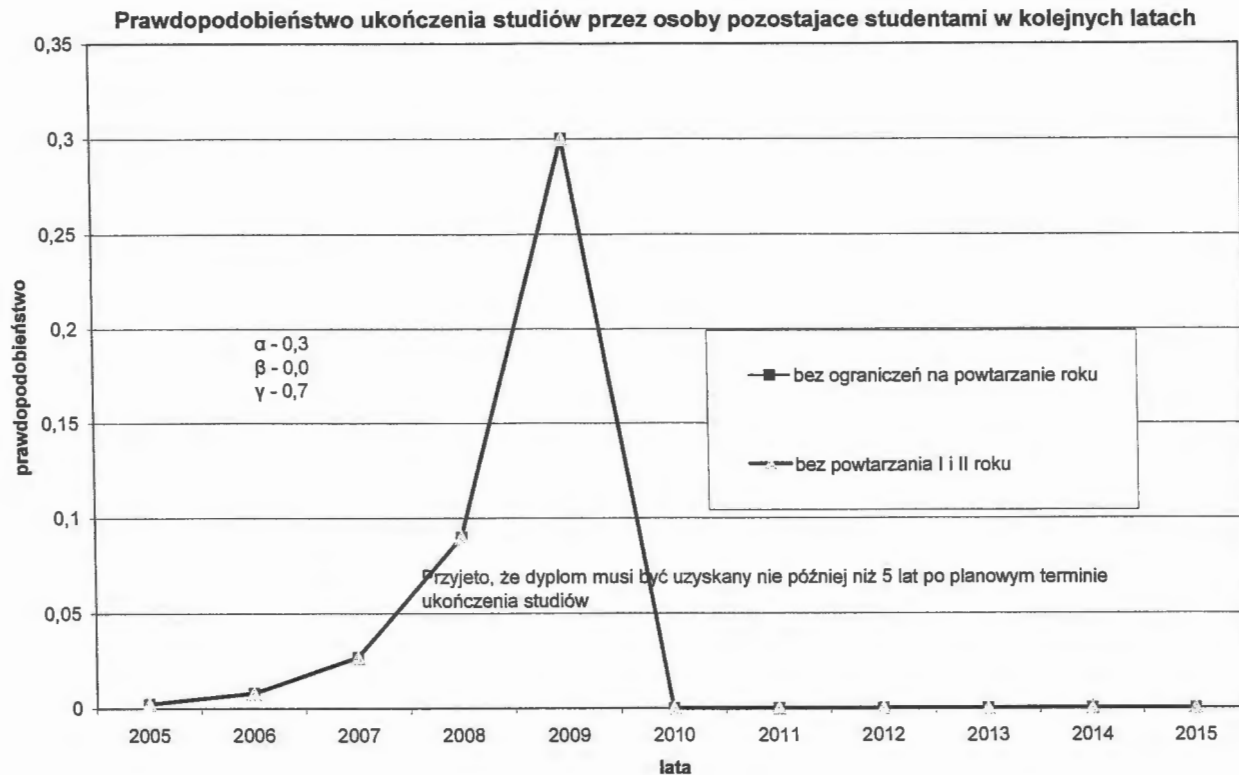


Rys. 9 Prawdopodobieństwo ukończenia studiów w modelu zagregowanym

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

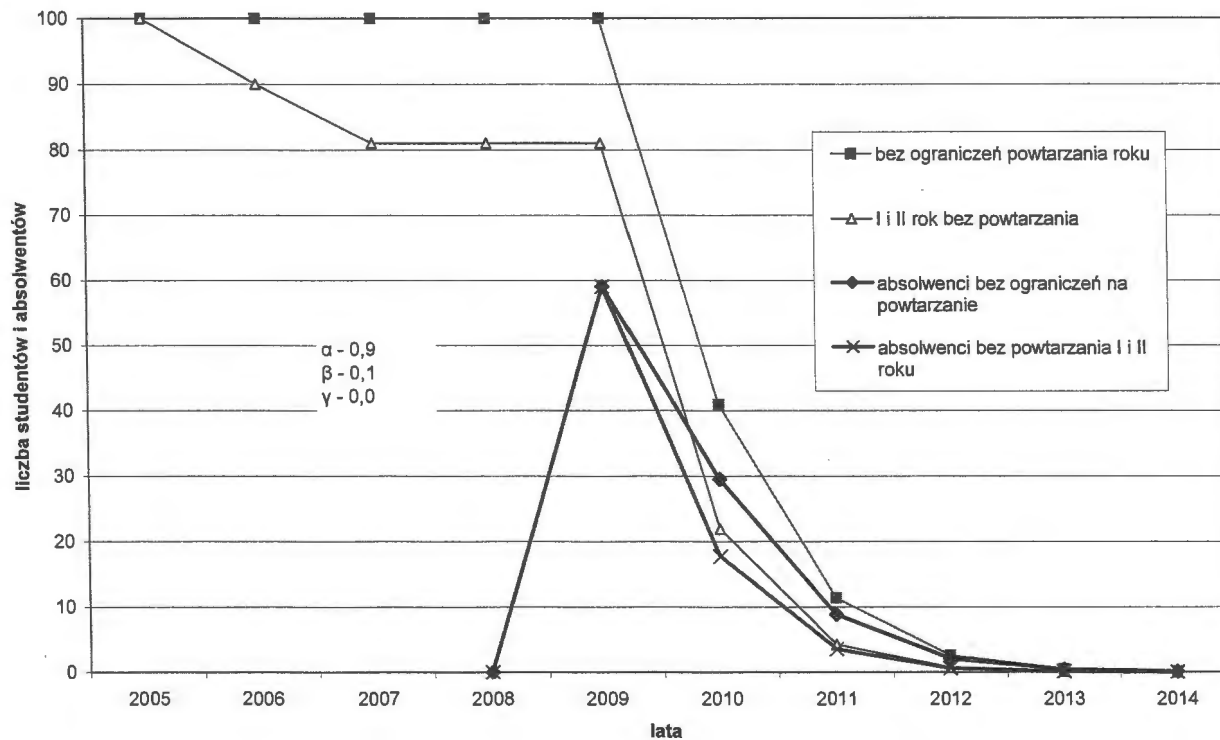


Rys. 10 Wyniki symulacji dla modelu studentów z grupy a)

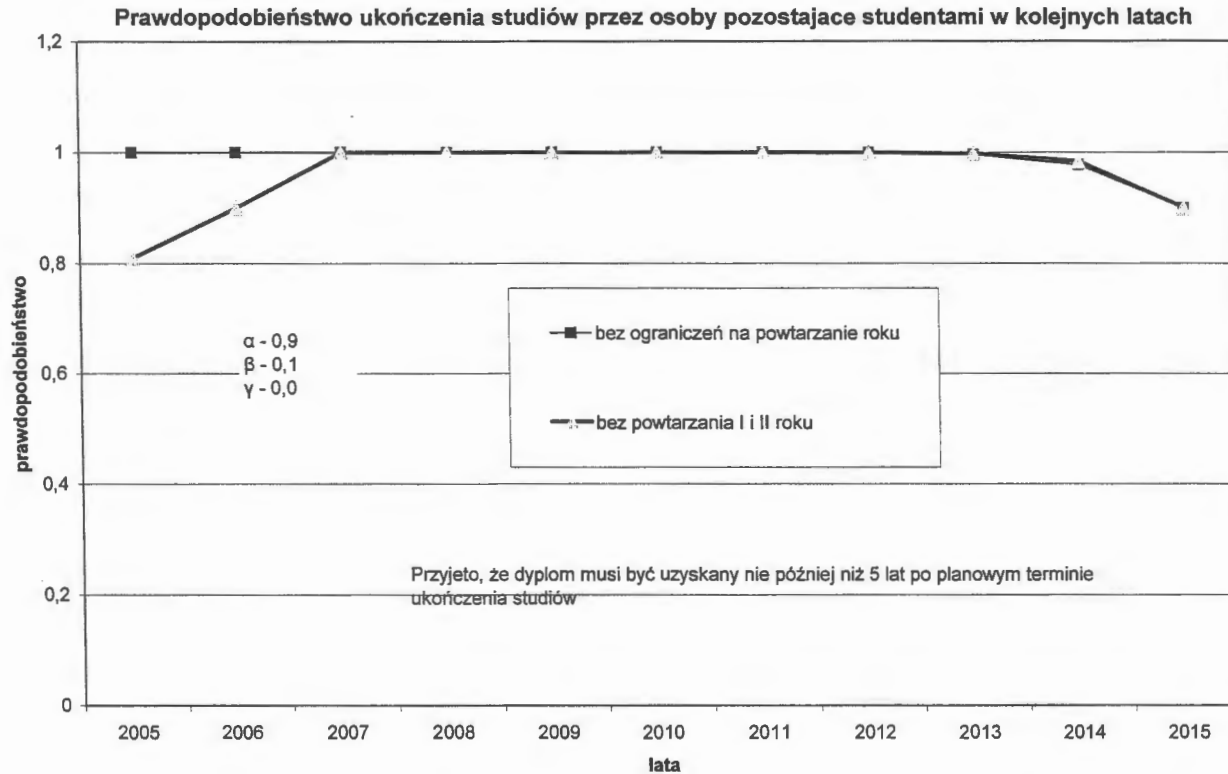


Rys. 11 Prawdopodobieństwo ukończenia studiów dla modelu studentów z grupy a)

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

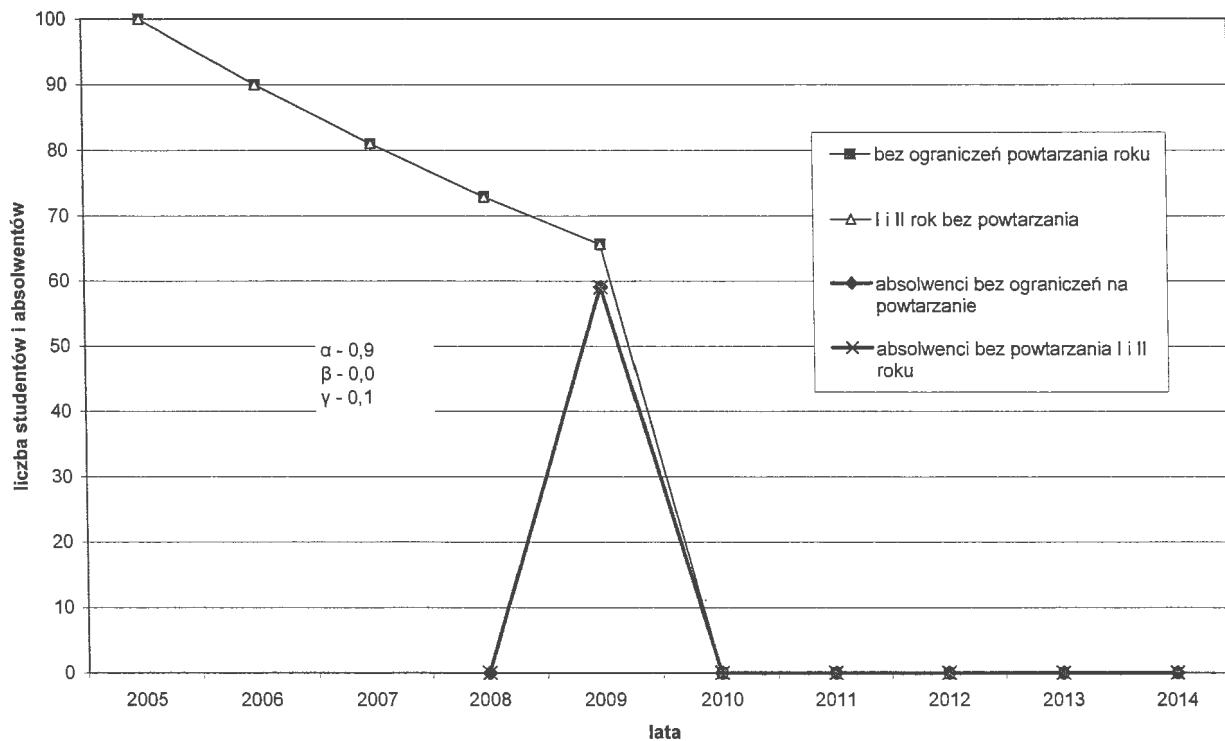


Rys. 12 Wyniki symulacji dla modelu studentów z grupy b)

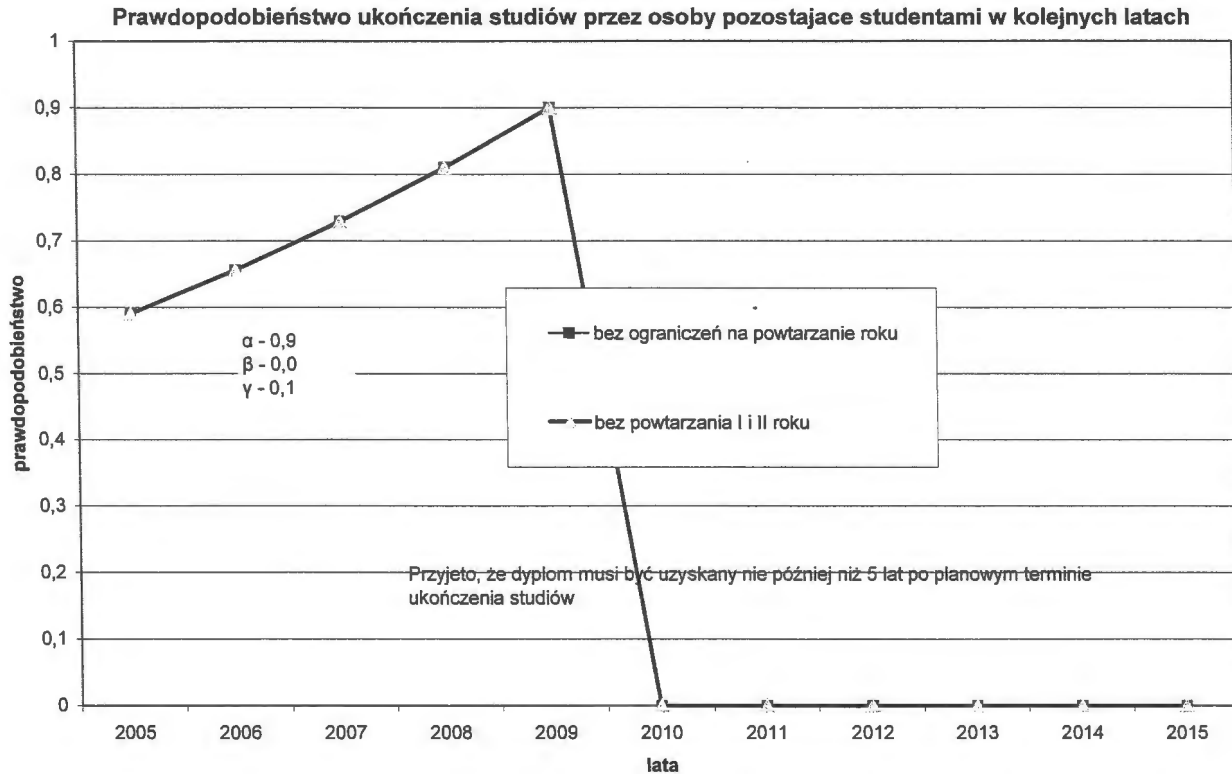


Rys. 13 Prawdopodobieństwo ukończenia studiów dla modelu studentów z grupy b)

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

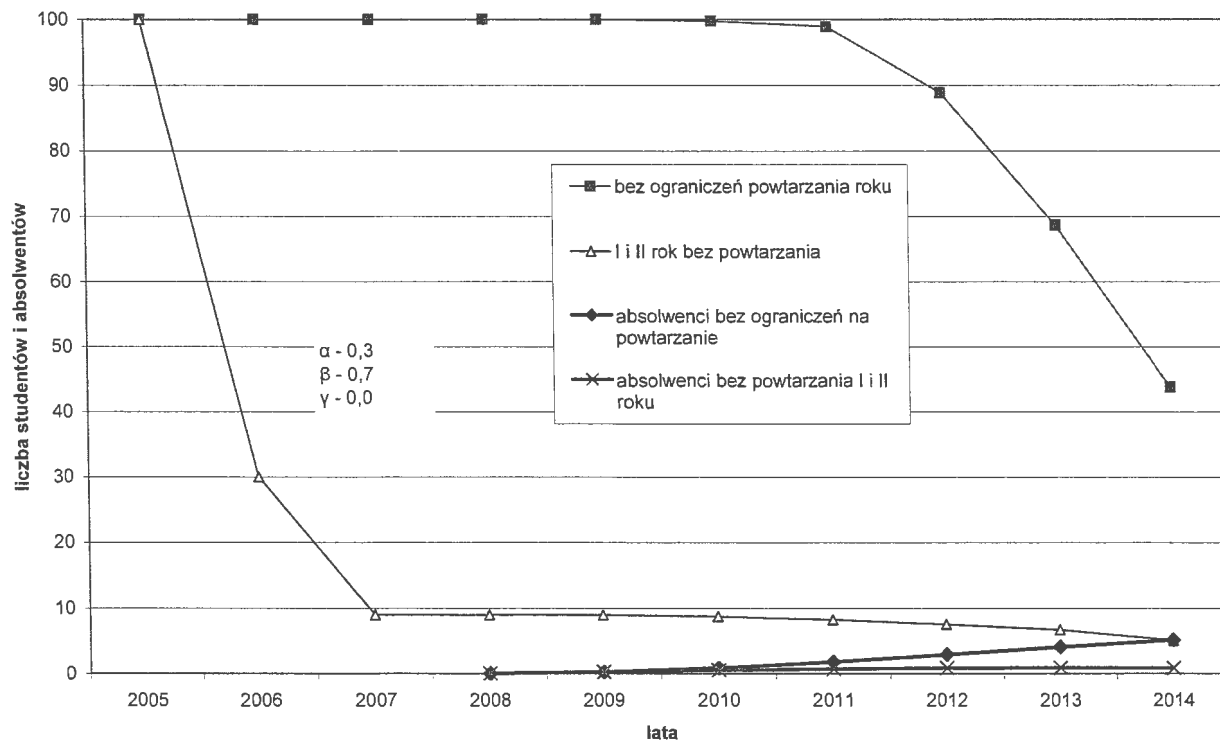


Rys. 14 Wyniki symulacji dla modelu studentów z grupy c)

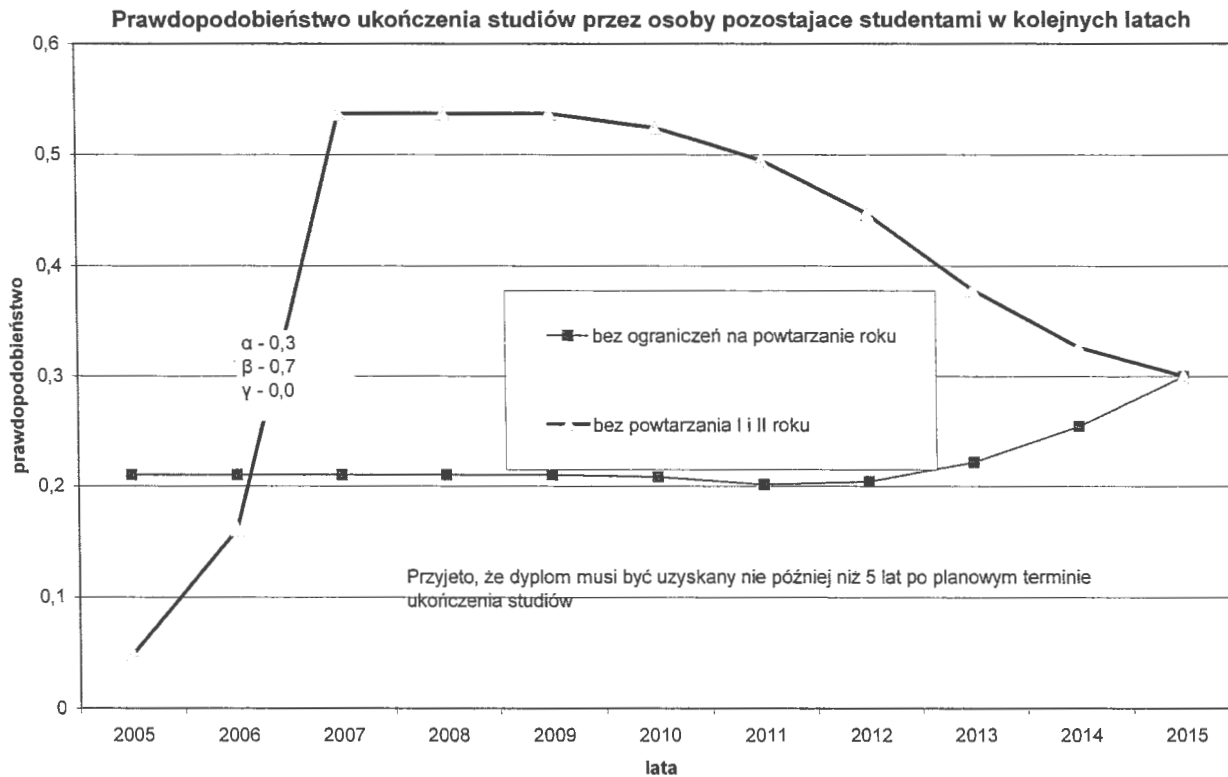


Rys. 15 Prawdopodobieństwo ukończenia studiów dla modelu studentów z grupy c)

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

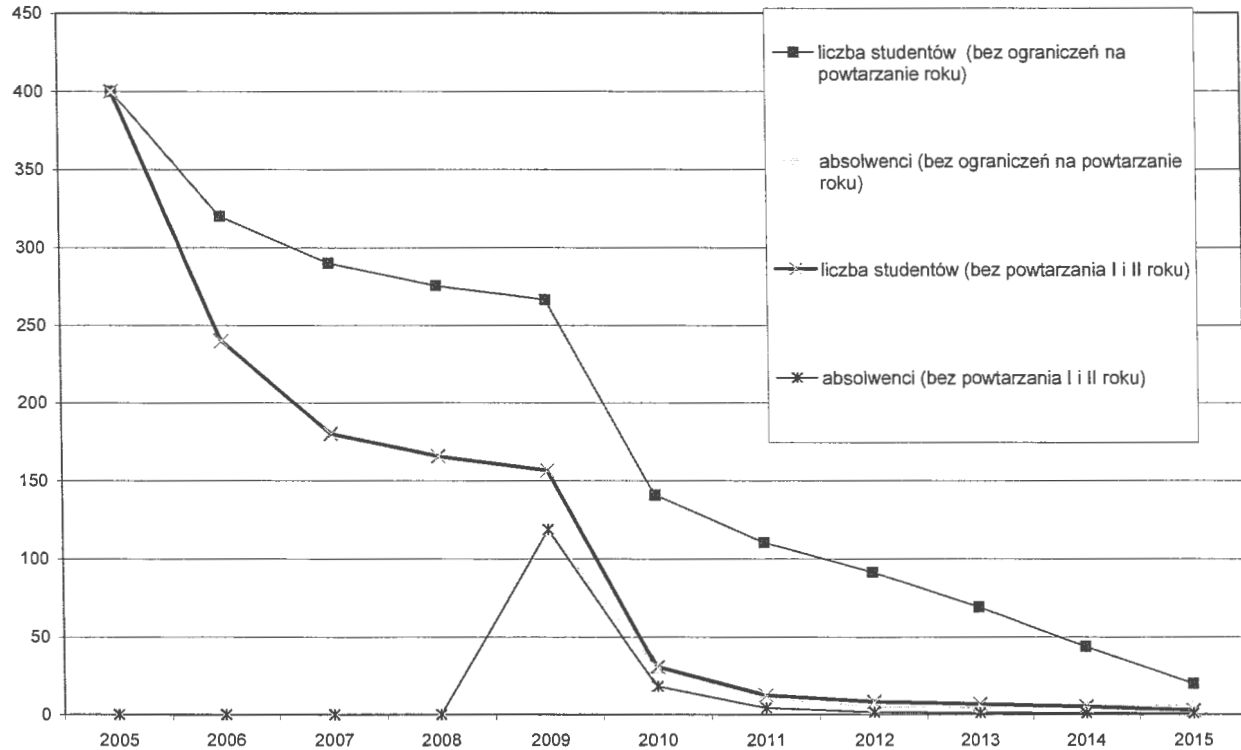


Rys. 16 Wyniki symulacji dla modelu studentów z grupy d)



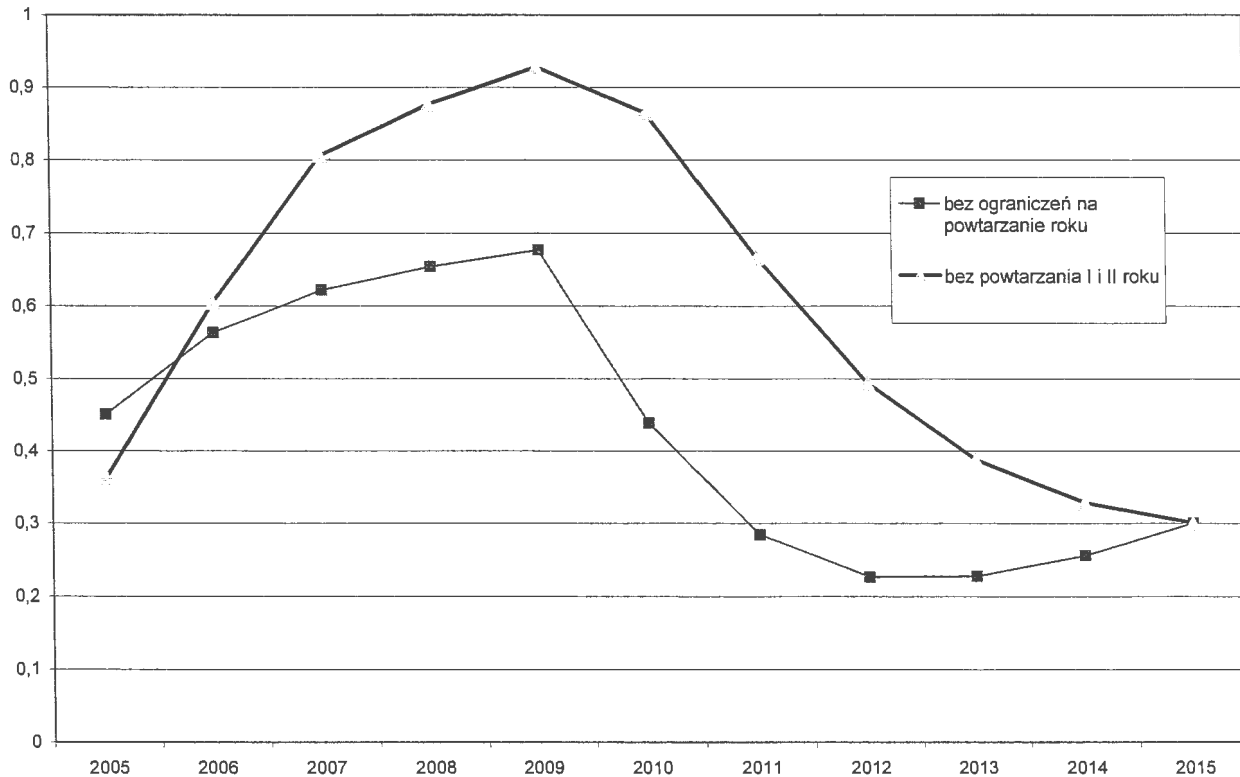
Rys. 17 Prawdopodobieństwo ukończenia studiów dla modelu studentów z grupy d)

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)



Rys. 18 Wyniki symulacji dla modelu zawierającego wszystkie cztery grupy studentów

Prawdopodobieństwo ukończenia studiów przez osoby pozostające studentami w kolejnych latach
(w populacji studentów reprezentowane są w równych częściach wszystkie cztery grupy)



Rys. 19 Prawdopodobieństwo ukończenia studiów dla modelu zawierającego wszystkie cztery grupy studentów

4.BIBLIOGRAFIA

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

