

11/2004

**Raport Badawczy**

**RB/46/2004**

**Research Report**

**Model dynamiki i  
wielokryterialna ocena  
wieloetapowego procesu  
edukacyjnego.**

**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:  
Doc. dr hab. inż. Michał Inkielman

Warszawa 2004

# MODEL DYNAMIKI I WIELOKRYTERIALNA OCENA WIELOETAPOWEGO PROCESU EDUKACYJNEGO

Michał Inkielman,

*Instytut Badań Systemowych PAN, Wyższa Szkoła Informatyki Stosowanej i Zarządzania*

## WSTĘP

Proces edukacyjny, np. studia wyższe, może być analizowany z różnych punktów widzenia. W tym opracowaniu podjęto próbę przedstawienia modelu procesu edukacyjnego uczelni niepublicznej jako procesu ekonomicznego rozpatrywanego zarówno z punktu widzenia pojedynczego studenta, jak też uczelni.

W pierwszym przypadku, student podejmuje wysiłek ekonomiczny (pomijamy tu sam proces uczenia się, natomiast uwzględniamy koszt studiów) przy równoczesnym ryzyku: a) nieukończenia studiów, b) braku lub nisko płatnego zatrudnienia po ukończeniu studiów.

W drugim przypadku, uczelnia musi tak sterować strumieniem studentów, a w szczególności przewidywać jego zmiany tak, aby wpłaty czesnego pokrywały koszty na utrzymanie procesu edukacyjnego. Jest to zadanie złożone, bowiem w praktyce wpłaty zmieniają się w takim tempie jak liczba studentów, natomiast koszty zmienne związane są, co najmniej, z semestralnymi ( lub rocznym) okresami planistycznym, a koszty stałe – wieloletnimi. 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). Niestety, na te wielkości uczelnia ma wpływ tylko pośredni poprzez wymagania egzaminacyjne, dopuszczalną liczbę warunków oraz poprzez wysokość opłat. 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

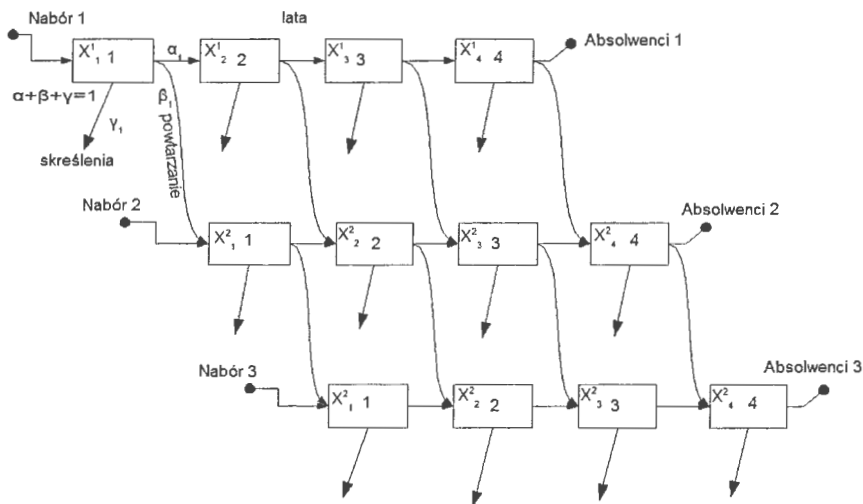
rozkładach prawdopodobieństwa możliwości finansowych i intelektualnych w zbiorze studentów (oczywiście, chodzi tu bardziej o skłonność do zaangażowania odpowiednich zasobów, niż o stan posiadania).

W niniejszym opracowaniu przedstawiono zasady budowy modelu i przykłady symulacji prostych przypadków dynamicznych.

## 1. WIELOETAPOWY PROCES EDUKACYJNY

Przyjmijmy 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 skreśleni 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

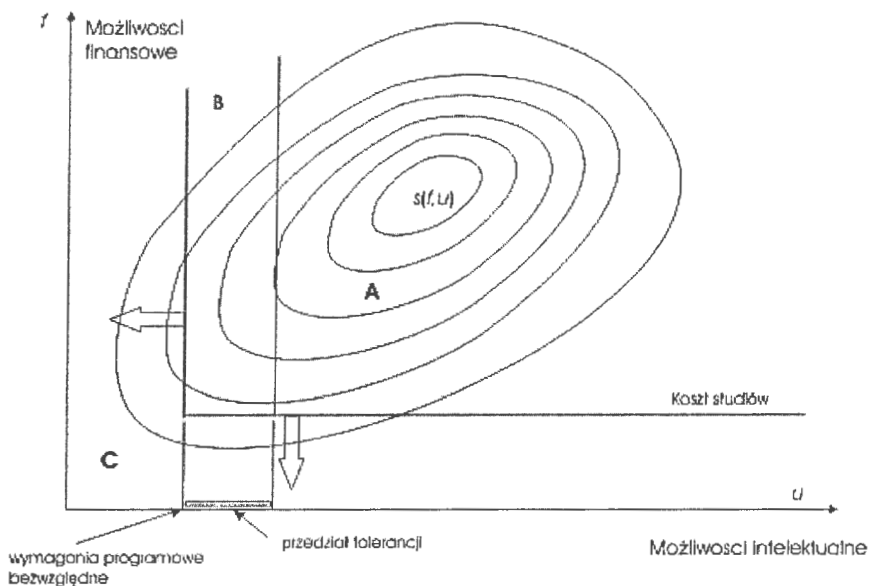
Rys.1

Każdy etap (rok) każdego ciągu studiów charakteryzuje się trzema parametrami  $\alpha$ ,  $\beta$  i  $\gamma$ , 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. Jednym z podejść może być zastosowanie modelu procesu Markowa [2]. W przypadku krótkich ciągów obserwacji można rozwiązywać problem metodami symulacyjnymi opartymi na aktualnych obserwacjach. Jeśli dysponujemy takimi obserwacjami dla  $k - 1$  ciągów kolejnych lat, gdzie  $k - 1 > N$  (liczba lat studiów), w przypadku, gdy zmiany właściwości kolejnych roczników studentów są powolne, statystyki te umożliwiają budowę modelu prognostycznego pozwalającego, z dokładnością do nieznaney liczby kandydatów na I rok, przed zakończeniem aktualnego roku akademickiego określić liczbę studentów w następnym roku akademickim. W każdym kolejnym roku musimy estymować parametry tylko jednego etapu dla każdego ciągu. Prognoza taka może być wiarygodna szczególnie wówczas, gdy do szacowania parametrów etapu  $n$  w  $k$ -tym ciągu wykorzystujemy zarówno informację o parametrach etapu  $n$  w ciągu  $k-1$ , informację o zmianie parametrów etapu  $n$  pomiędzy ciągami  $k - 1$  i  $k - 2$ , jak i informację o zaobserwowanych zmianach parametrów etapu  $n - 1$  obu tych ciągów ( $k - 1$  i  $k$ ). Stosując procedurę wielokrotnie, co etap wprowadzając nowe wartości parametrów  $\alpha$ ,  $\beta$  i  $\gamma$  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  $\alpha$ ,  $\beta$  i  $\gamma$  na dalszą przyszłość. Jeszcze trudniej jest określić możliwe działania władz uczelni w celu właściwej ich zmiany: po pierwsze należy wyjaśnić, co znaczy określenie „właściwej” zmiany, a po drugie, znaleźć sposoby oddziaływania.

Każda populacja studentów jest zbiorem osób, które posiadają różne cechy z punktu widzenia wpływu uczelni na ich zachowanie. W celu budowy modelu dostatecznie prostego, a równocześnie reprezentującego większość sytuacji, przyjmiemy, że studenta charakteryzują 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. W obu przypadkach

często decyduje ogólnie motywacja do studiowania, a w szczególności studiowania na wybranym kierunku. Mechanizmy motywacyjne są bardzo złożone i chwilowo nie będziemy zajmować się nimi. Przyjmijmy, że w określonym horyzoncie czasu w danej populacji studentów jest określony względnie stały rozkład prawdopodobieństwa, którego dwuwymiarowa funkcja gęstości  $s(f, u)$  jest znana przynajmniej w takim stopniu, aby możliwe było określenie wartości dystrybuanty dla zadanych wymagań: koszt studiów i wymagań programowych, niezależnie (rys. 2).



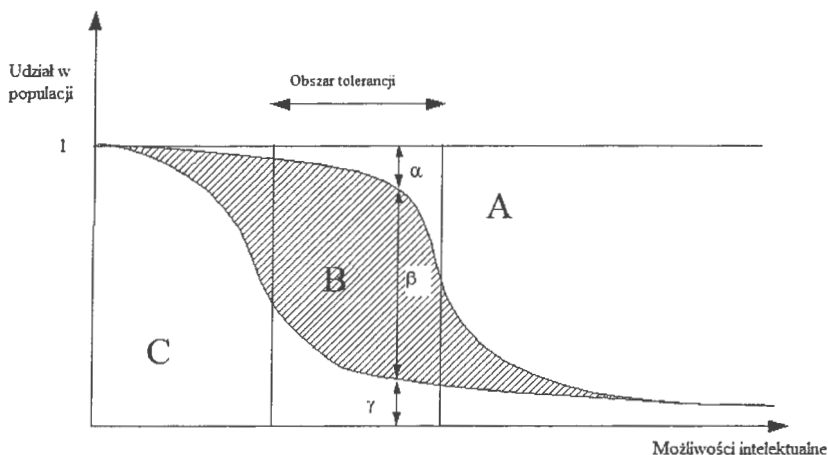
Dwuwymiarowa funkcja rozkładu prawdopodobieństwa możliwości studentów i jej obcięcie przez wymagania

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 kontynuowania 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.



Krzywe selekcji określające prawdopodobieństwo przejścia przy ustalonym poziomie możliwości finansowych

Rys. 3

Na powyższym rysunku (rys. 3) przedstawiono kształt krzywych selekcji odpowiadających idealizowanym granicom odcięcia z rys. 2. Uwidoczniono na rysunku przekrój populacji dla wybranego poziomu możliwości finansowych. Dla każdego poziomu możliwości finansowych można narysować podobne krzywe. Im mniejsze możliwości finansowe, tym większy staje się obszar C, także w zakresie dużych możliwości intelektualnych.

Dalej pokażemy, że rodzaj 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 kryteria oceny procesu edukacyjnego. Wpływ ten może być różny na stosowane przez pojedynczych studentów (także oceny uśrednione w ramach populacji) lub uczelnię jako organizację kierującą się między innymi celami ekonomicznymi.

## 2. KRYTERIA OCENY UCZELNI W KATEGORIACH EKONOMICZNYCH

Poniżej omówimy podstawowe wskaźniki charakteryzujące sprawność ekonomiczną procesu edukacyjnego. We wskaźnikach tych świadomie traktujemy odrębnie wartość ekonomiczną uzyskanego dyplomu (łatwość uzyskania pracy i zarobki absolwenta). Robimy to z dwóch powodów: po pierwsze, tylko w niewielkim stopniu wskazywane wyżej wielkości sterujące: wysokość chesnego i wymagania programowe mają w naszych warunkach bezpośredni wpływ na wartość ekonomiczną dyplomu, po drugie, przy wyborze uczelni, rzeczywista wartość ekonomiczna dyplomu nie jest decydującym kryterium – w głównej masie kandydatów decyduje moda, stereotypy, a w najlepszym razie osobiste zainteresowania. Szereg przykładów z rynku edukacyjnego wskazuje na tendencje brania pod uwagę niemal wyłącznie kryterium minimum kosztów studiowania i minimum ryzyka odsiewu.

### *Podstawowe kryteria ekonomiczne*

- *Koszt planowy studiów 1 studenta = [koszty uczelni]/[liczba studentów]*

– parametr uczelni zależy od czynników organizacyjnych, rodzaju studiów, poziomu merytorycznego i technicznego oferty edukacyjnej. Koszt studiów mało zależy od sterowania odsiewem studentów, natomiast w istotny sposób zależy od ogólnej liczby studentów i jakości prognozy tej liczby. Z drugiej strony przedsięwzięcia organizacyjno-edukacyjne mające na celu zmniejszenie odsiewu bez obniżania wymagań programowych mogą istotnie podwyższyć koszty studiów. W warunkach nieustalonych (uczelnia w ciągu 10 lat od otwarcia lub w przypadku większych wahań naboru na I rok) ogólna liczba studentów zmienia się stosunkowo wolno, co ułatwia adaptację kosztów stałych uczelni pod warunkiem wykorzystania możliwości prognozy (patrz poprzedni rozdział).

- *Koszt studiów 1 studenta = [koszt planowy studiów] + [opóźnienie] \* [koszt 1 roku]*



– ten parametr poprzez wielkość [opóźnienie] jest związany z powtarzaniem roku. Wysoki odsetek powtarzania roku może powodować wydłużenie studiów nawet o kilka lat. Zwiększenie kosztów z tytułu powtarzania roku jest wprawdzie alternatywą odejścia z uczelni dla studentów znajdujących się na granicy możliwości intelektualnych ale tylko wówczas, gdy nie interweniuje ograniczenie możliwości finansowych. Przy szacowaniu kosztów kandydat na studenta ocenia ryzyko przedłużenia studiów. Jeśli dysponuje statystykami uczelni, ocenę swoją opiera na wartości średniej czasu trwania studiów. W przeciwnym razie bierze pod uwagę nominalny czas trwania studiów skorygowany o dane z najgorszego znanego przypadku. Z punktu widzenia uczelni wzrost oczekiwanego kosztu studiów jednego studenta z tytułu powtarzania roku nie musi (w krótkim horyzoncie czasu) mieć negatywnej oceny ekonomicznej. Należy jednak rozważyć, czy dla kandydatów na studia bardziej zniechęcające są wysokie koszty nominalne uczelni gwarantującej terminowe ukończenie studiów, czy realny wzrost niskich kosztów nominalnych, spowodowany wydłużaniem czasu studiów.

- *Liczba absolwentów/100 kandydatów*

– ryzyko podjęcia i nieukończenia studiów, wynika z odsiewu skumulowanego za okres całych studiów. Kryterium to jest użyteczne dla kandydata na studia. Ponieważ jednak praktycznie przez całe studia student podejmuje decyzję: czy kontynuować, czy zrezygnować? - ryzyko nieukończenia studiów szacuje się po każdym etapie. Pochodne kryteria tego typu odnoszą się do studentów po zaliczeniu I, II i kolejnych lat studiów. Naturalnym oczekiwaniem studenta jest systematyczny spadek tego ryzyka: jeśli poniesiony koszt owocuje odpowiednim obniżeniem ryzyka, stanowi to motywację do ponoszenia kosztu.

- *Straty poniesione przez studentów z tytułu nieukończenia uczelni*

– wysokość tych strat rośnie, jeśli odsiew studentów następuje zbyt późno (wymagania programowe w pierwszych latach są zbyt łagodne w porównaniu z wymaganiami końcowymi); kryterium to należy rozpatrywać w dwóch wariantach: a) oszacowanie na poziomie informacji statystyczny uczelni, tj. na podstawie rozkładu właściwości całej populacji studentów (rys. 2), b) oszacowanie oparte na zbiorze indywidualnych ocen ryzyka wszystkich studentów dokonanych z uwzględnieniem ich osobistej oceny możliwości

- *straty uczelni z tytułu skreślania studentów zadłużonych*
  - w praktyce studenci skreślani z powodu niespełnienia wymagań programowych (brak rejestracji), szczególnie na I lub II roku, odchodzą ze znaczącym zadłużeniem finansowym wobec uczelni. Podobnie, straty uczelni są powodowane zadłużeniem studentów zaprzestających uczęszczania na studia bez zgłoszenia rezygnacji – procedura administracyjna opóźniająca skreślenie utrudnia redukcję tych kosztów. Radykalnym rozwiązaniem jest przestrzeganie rygorów finansowych: rejestracja tylko studentów opłacających czesne i planowanie zajęć wyłącznie dla studentów rejestrowanych – wadą jest zwiększenie odsiewu powodowanego przejściowymi trudnościami i obniżenie komfortu psychicznego studentów.

•

### ***Inne kryteria***

- *Atrakcyjność absolwenta na rynku pracy: ryzyko bezrobocia, średnie zarobki,*
- *Atrakcyjność oferty dla kandydatów (pozaekonomiczna): zgodność z zainteresowaniami, łatwość wstępu na uczelnię, popularność kierunku, pozycja rankingowa uczelni (wydziału).*

Są to kryteria, których ilościowa analiza jest bardzo utrudniona: nawet tak wymierny parametr jak pozycja w rankingach uczelni jest wielowymiarowy i brak miarodajnych ocen jego wpływu na praktyczną popularność uczelni wśród kandydatów.

### **3. PRZYKŁADY SYMULACJI MODELU UCZELNI**

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

Szczególnie wyraźnie własności dynamiczne uczelni przejawiają się w okresie “rozruchu” uczelni jak też przy skokowej zmianie intensywności naboru nowych studentów. Na pierwszy wykresie (rys. 3) przedstawiono zmianę liczby studentów uczelni, liczby absolwentów w ciągu kilkunastu lat od chwili uruchomienia uczelni przy stałym naborze na I

roku (100 kandydatów rocznie). Parametry odsiewu to: 60% - normalna rejestracja na kolejny rok, 20% - powtarzanie roku i 20% - skreślenia na każdym roku.

Przy tak dużym odsiewie efektywność funkcjonowania uczelni jest bardzo niska:

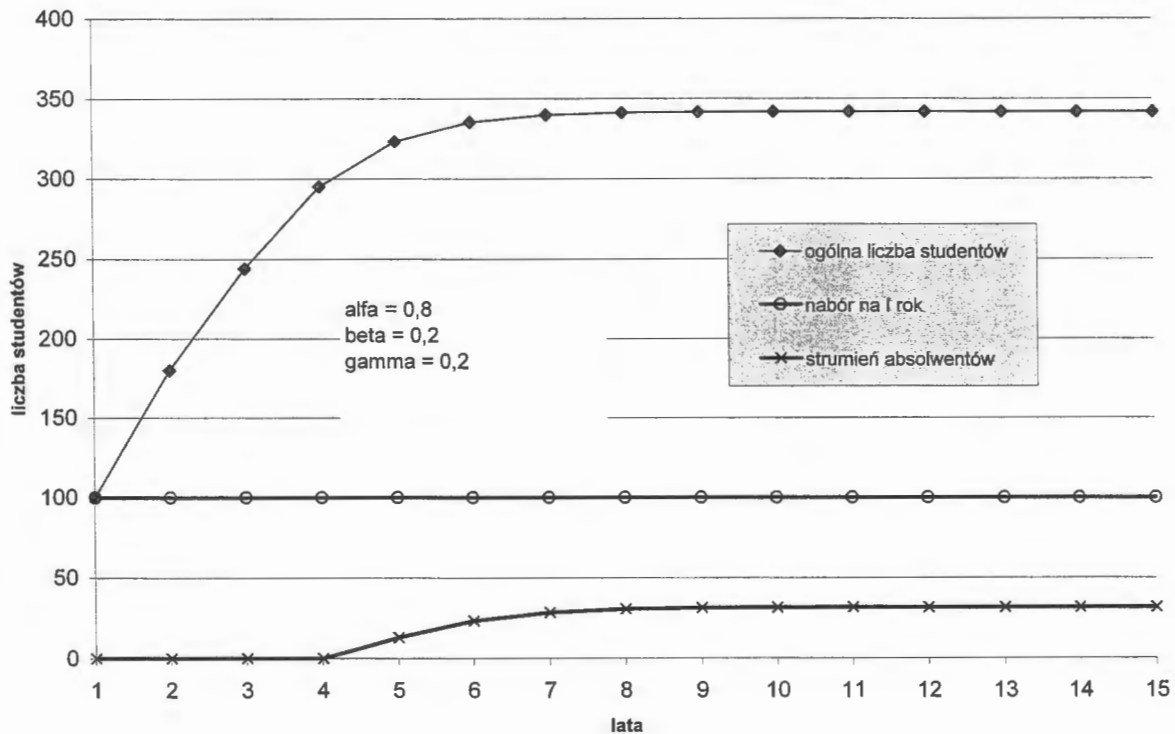
- tylko około 30% kandydatów uzyskuje dyplom ukończenia uczelni,
- ustalona liczba studentów dziesięciokrotnie przekracza roczną liczbę absolwentów,
- dla znacznej części absolwentów oznacza to wydłużenie czasu studiów o 1 do 4 lat (rys. 4).

Kolejne wykresy (rys.5 i 6) ilustrują rolę współczynnika powtarzania roku i skreśleń w kształtowaniu dynamiki procesu. Zgodnie z oczekiwaniem, powtarzanie roku decyduje o stałej czasowej dynamiki zmian liczby studentów i absolwentów. Może to nawet prowadzić do sytuacji, gdy mimo gwałtownej zmiany liczby kandydatów na I rok, ogólna liczba studentów i absolwentów przez kolejne lata utrzymuje poprzednią, przeciwną tendencję. W przykładzie, po czterech latach stałego naboru na poziomie 100 kandydatów, spadek naboru o 50% powoduje zahamowanie wzrostu liczby studentów dopiero po 2 latach, natomiast liczba absolwentów przestaje wzrastać dopiero po 4 latach.

Efektu tego nie obserwuje się w drugim skrajnym przypadku: brak powtarzania roku, ale odsiew utrzymuje się na poziomie 20%. Jedyne opóźnienie, to opóźnienie między liczbą absolwentów i kandydatów (dokładnie o nominalny czas trwania studiów). Nie ma też powodu, aby liczba studentów mogła rosnąć od momentu, w którym spadła liczba kandydatów na I rok.

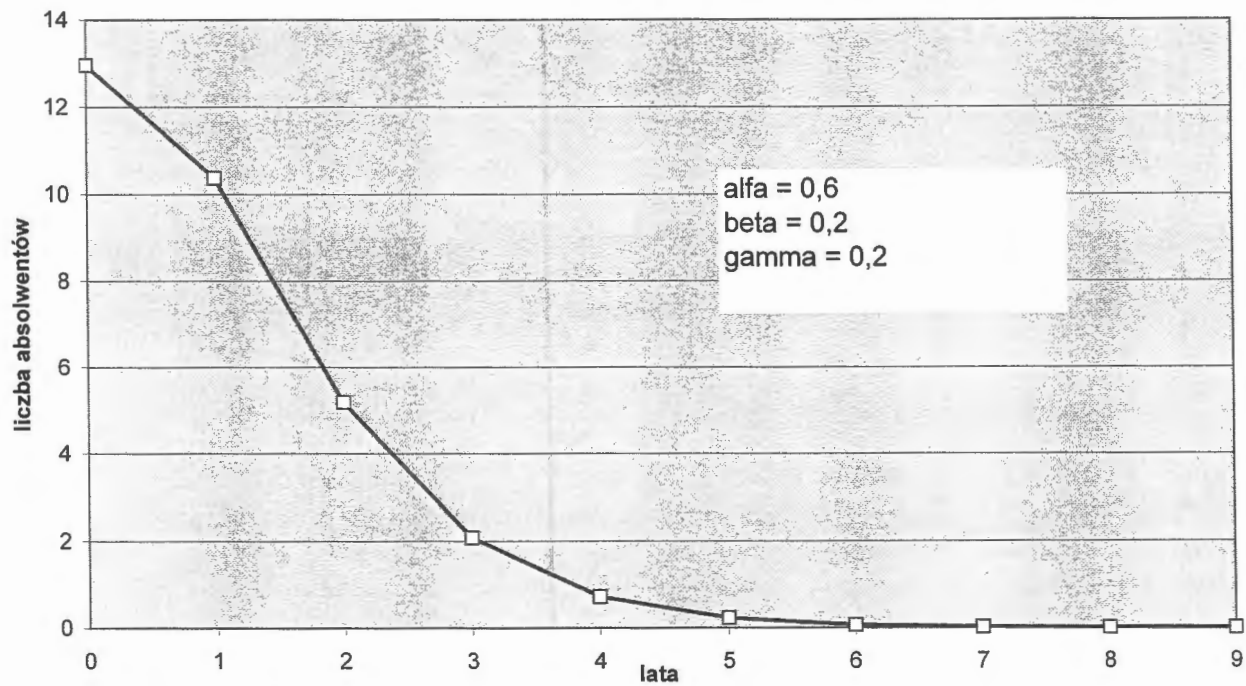
Na ostatnim wykresie (rys. 7) przedstawiono przykład ilustrujący wpływ powtarzania roku na wydłużenie czasu studiów. Wystarczy 10% wskaźnik powtarzania roku, aby tylko 65% studentów kończyło studia w terminie, natomiast opóźnienie 2 lata lub więcej dotyczy 10% studentów.

### Przyrost liczby studentów

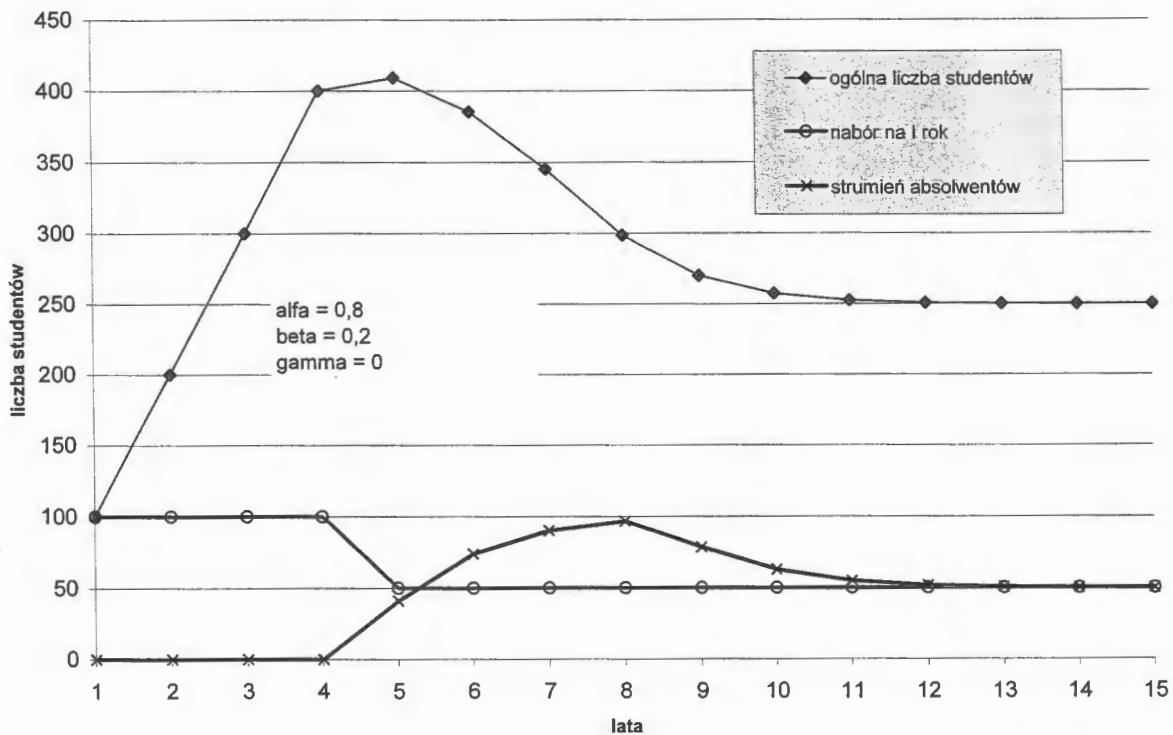


0 Y

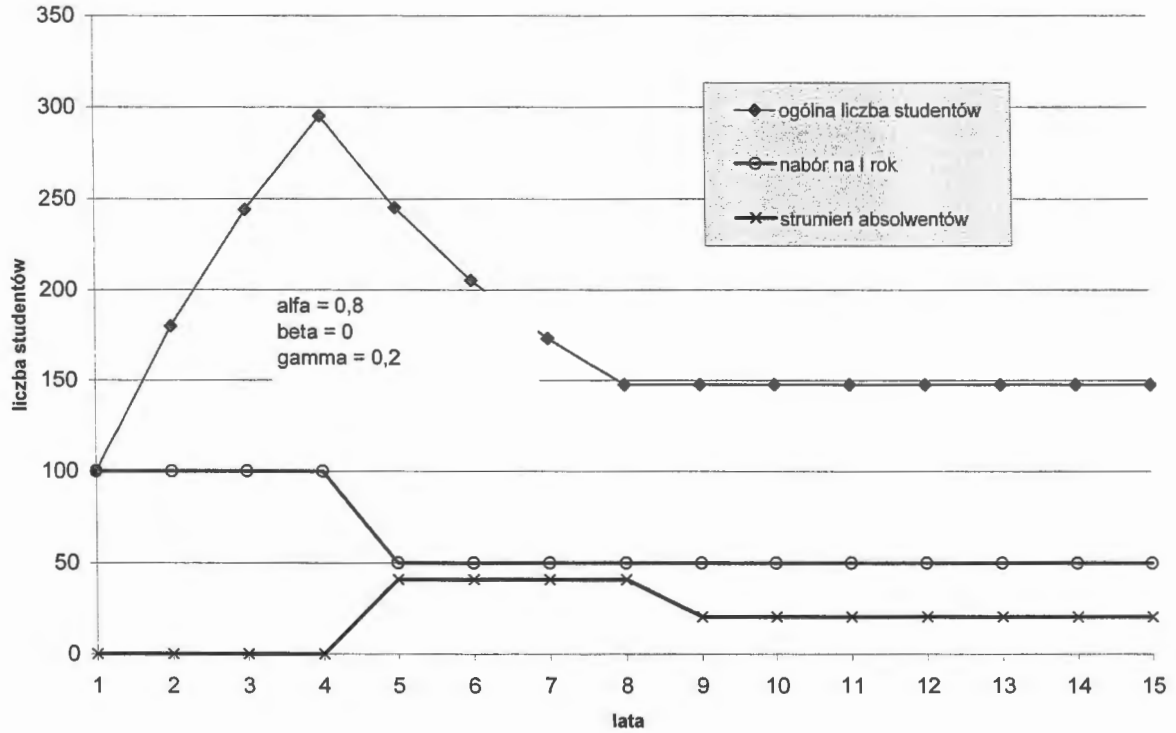
### Rozkład opóźnienia ukończenia studiów



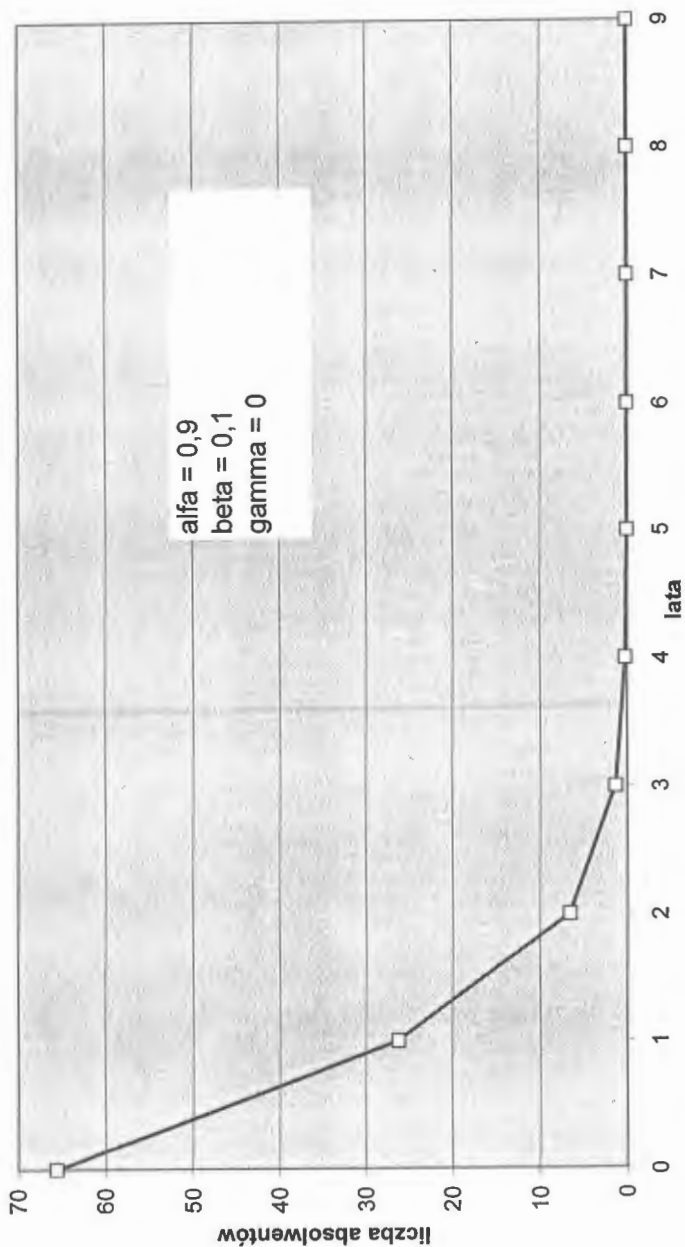
## Przyrost liczby studentów



# Przyrost liczby studentów



### Rozkład opóźnień ukończenia studiów





#### 4. BIBLIOGRAFIA

[1] Inkielman M.: Analiza wielokryterialna a rozwój zrównoważony. Raport IBS PAN RB/ 83 /2003

[2] Bereziński M., Inkielman M., Wagner D.: Łańcuch Markowa jako model dynamiki uczelnianego procesu edukacyjnego. Raport IBS PAN RB/63/2004





of the 'new' religions, and the 'old' religions, in the Indonesian archipelago. The 'old' religions, such as Hinduism, Buddhism, and Islam, have a long history in the region, and their adherents are often seen as more traditional and conservative. The 'new' religions, such as Christianity and Islam, are seen as more modern and progressive. However, the 'new' religions have also been criticized for being too materialistic and for promoting a narrow view of morality. This tension between the 'old' and 'new' religions is a central theme in the novel.

The novel is set in a rural village in the Indonesian archipelago, where the 'old' religions are still dominant. The village is a close-knit community, and the residents are deeply religious. The novel follows the lives of several characters, including a young man who is torn between his traditional beliefs and the new ideas that are being introduced to the village. The novel is a powerful exploration of the challenges of modernization in a traditional society, and the role of religion in this process.

The novel is a masterpiece of Indonesian literature, and it has inspired many other writers. It is a story of a young man who is torn between his traditional beliefs and the new ideas that are being introduced to the village. The novel is a powerful exploration of the challenges of modernization in a traditional society, and the role of religion in this process. The novel is a masterpiece of Indonesian literature, and it has inspired many other writers. It is a story of a young man who is torn between his traditional beliefs and the new ideas that are being introduced to the village. The novel is a powerful exploration of the challenges of modernization in a traditional society, and the role of religion in this process.

The novel is a masterpiece of Indonesian literature, and it has inspired many other writers. It is a story of a young man who is torn between his traditional beliefs and the new ideas that are being introduced to the village. The novel is a powerful exploration of the challenges of modernization in a traditional society, and the role of religion in this process.