

# Zastosowanie wieloobiektowej aukcji pierwszej ceny w systemie rejestracji studentów USOS

**Tomasz Kopczewski**, dr, adiunkt, Wydział Nauk Ekonomicznych, Uniwersytet Warszawski

**Piotr Ziewiec**, analityk, GoldenLine

## Wprowadzenie

W ostatnich kilkunastu latach obszarem szybkiego rozwoju aukcyjnych form sprzedaży stał się Internet. Z platformy przekazywania informacji o ofertach przekształcił się w pełnoprawny rynek. Jako systemy aukcyjne rozwinęły się zarówno internetowe platformy służące do handlu przedmiotami (eBay, Allegro), jak i zautomatyzowane systemy reklamy internetowej. Doskonałym przykładem wykorzystania na masową skalę wyceny poprzez aukcje są systemy sprzedaży linków sponsorowanych w wyszukiwarkach [Varian, 2008]. Reklamy wyświetlane są w boksach znajdujących się po prawej stronie wyników wyszukiwarki internetowej lub ponad tymi wynikami. Licytacji podlegają miejsca w boksach pojawiających się przy wyszukiwaniu słów lub fraz. Przedmiotem handlu nie jest więc rzeczywisty przedmiot, ale miejsce zamieszczenia linku reklamowego przy wyszukiwaniu. Można znaleźć wiele analogii pomiędzy problemem przydzielania przestrzeni reklamowej a innymi sytuacjami wymagającymi alokacji ograniczonego zasobu, jakim jest alokacja miejsca pomiędzy wielu chętnych. Jedną z takich sytuacji jest problem rejestracji studentów do grup zajęciowych. Głównym celem tego artykułu jest pokazanie, że zastosowanie wieloobiektowych systemów aukcyjnych może poprawić efektywność przydzielania studentów do grup zajęciowych podczas rejestracji studentów oraz być narzędziem motywującym do osiągnięcia lepszych wyników podczas studiów.

## 1. Rejestracja studentów w Uniwersyteckim Systemie Obsługi Studiów (USOS)<sup>1</sup>

USOS to system informatyczny służący do wspomaganie administracji na uczelniach wyższych. W 2007 roku liczba studentów uczelni korzystających

<sup>1</sup> Strona główna projektu: <http://usos.edu.pl/>.

z systemu USOS wynosiła niemal 525 tys. i stanowiła 27% ogólnej liczby studentów polskich szkół wyższych [Mincer-Daszkiewicz, 2009]. Z punktu widzenia studentów jedną z najważniejszych funkcji systemu USOS jest rejestracja na zajęcia. W ostatnich latach zapisy na przedmioty i do grup przez Internet zastępują tradycyjne zapisy dokonywane poprzez dziekanat lub bezpośrednio u prowadzących. Wprowadzenie skomputeryzowanego systemu znacznie zmniejsza czasochłonność i nakłady pracy potrzebne w rejestracji do grup [Stępień et al., 2008]. Mimo że rejestracja może odbywać się w kilku podstawowych trybach, system ten może być poprawiony pod względem efektywności ekonomicznej rozumianej jako lepsze dostosowanie przydzielonych miejsc zajęciowych do preferencji studentów oraz pod względem oddziaływania motywującego na osiągane przez studentów wyniki. Występują cztery podstawowe tryby rejestracji wykorzystywane przez USOS. Możliwe nieefektywności tych trybów rejestracji zostały pokazane poniżej.

### **Zapisy według kolejność zgłoszeń**

Jest to najbardziej rozpowszechniony i posiadający najbardziej uciążliwe wady tryb rejestracji na zajęcia. Na podstawie ustaleń dziekanatów wyznaczana jest dokładna data i godzina początku zapisów. Zarejestrowana przez serwer USOS kolejność zgłoszeń jest głównym kryterium przydziału do grup. Po osiągnięciu maksymalnej ustalonej liczby zapisanych studentów rejestracja do danej grupy jest zamykana. Studenci, którzy nie zostali przypisani w tym czasie do grup zajęciowych, mogą wybrać jedną z pozostałych grup, o ile są w niej miejsca. Pomimo że rozwiązania stosujące zasadę „kto pierwszy, ten lepszy” są często uznawane za sprawiedliwe, to w tym przypadku nie jest to takie jednoznaczne. Po pierwsze rejestracja odbywa się w bardzo krótkim czasie i były notowane przypadki, że po kilku sekundach od rozpoczęcia rejestracji wszystkie miejsca w popularnych grupach były zajęte. Na wynik rejestracji wpływają czynniki takie jak: dostęp do Internetu w wyznaczonym czasie, jakość łącza internetowego, sprawność w obsłudze komputera. Po drugie powtarzającym się problemem podczas tego typu rejestracji jest wydajność serwerów USOS niewystarczająca do obsłużenia tylu użytkowników w jednym czasie. Już kilkadziesiąt minut przed rozpoczęciem rejestracji połączenie spowalnia się, a wyznaczonym czasie odświeżenie strony potrzebne do dokończenia rejestracji może trwać kilka minut i nie zawsze kończy się sukcesem. O kolejności zapisów decydują czynniki niebędące efektem „ustawienia się” w kolejce — całość bardziej przypomina losowanie. W ocenie studentów system ten trudno uznać za sprawiedliwy lub optymalny, więc podejmują oni próby zmiany przypisania przez system z wykorzystaniem tradycyjnych metod, czyli zapisy w dziekanacie albo bezpośrednio u wykładowcy, generując dodatkowy nakład pracy, którą system rejestracji miał zminimalizować.

## Zapisy według wyrażonych preferencji

Drugim typem rejestracji przez USOS jest możliwość wyrażania preferencji na skali dyskretnej. Rejestracja nie napotyka już na problemy wydajności aplikacji, ponieważ deklarację preferencji student może złożyć w dowolnym momencie trwania rejestracji, a kolejność nie ma żadnego znaczenia. Zadaniem rejestrującego się jest określenie na kilkustopniowej skali swoich preferencji dotyczących uczęszczania do danej grupy dla wszystkich możliwych do zapisów grup zajęciowych ze wszystkich przedmiotów. Program następnie porównuje preferencje zebrane w bazie i rozmieszcza studentów w grupach tak, aby uzyskać jak najlepsze dopasowanie. Przy założeniu o pełnej uczciwości wszystkich uczestników procesu rejestracji taki system mógłby być bardzo efektywny — otrzymałby bowiem jako dane wsadowe pełną informację o preferencjach, które musiałby tylko odpowiednio przeliczyć i podać rozkład zapewniający najwyższą sumę użyteczności. Takiego założenia nie można jednak przyjąć. Z prostej analizy wynika, że nieuczciwe podawanie preferencji może poprawić sytuację rejestrującego.

Założmy, że istnieją dwie grupy, a swoje preferencje trzeba podać w skali pięciostopniowej. Użyteczność gracza z rejestracji do grupy A wynosi 2, rejestracja do grupy B daje użyteczność równą 3. Komputer, przesuwając gracza z bardziej do mniej preferowanej grupy, zanotuje spadek sumy użyteczności o 1 jednostkę. Jeżeli gracz zadeklaruje swoją użyteczność nieuczciwie, podając 1 dla A i 5 dla B, komputer, przesuwając go do mniej preferowanej grupy, zmniejszy ogólną użyteczność o 4 — rośnie więc prawdopodobieństwo, że przesunięty będzie inny użytkownik. Warto zauważyć, że w takim prostym przypadku nieuczciwie zachowujący się gracz nic nie traci. W bardziej skomplikowanych przypadkach, kiedy występuje więcej grup, stratą wynikającą z deklarowania skrajnych wartości może być brak możliwości odpowiedniego stopniowania preferencji i konieczność przypisania grup do jednej z dwóch kategorii: preferowane i niepreferowane. Problem ten można rozwiązać przez zmianę skali, tj. przesuwać deklarowane preferencje w skrajnych kierunkach i zachowując całkowite lub częściowe stopniowanie. Pokusa manipulowania składanymi deklaracjami zmniejszy się, ale nie zniknie. W skali całego wydziału zapisy według wyrażonych preferencji prowadzą do losowego przydziału do grup. W przypadku grup popularnych, gdy większość zawyży maksymalnie swoje deklaracje, system z braku kryterium dokonuje losowego przydziału. Podobnie w przypadku mniej popularnych grup z powodu spłaszczenia preferencji trafiają do nich osoby przypadkowe. Główną wadą tego trybu jest brak efektów motywacyjnych zarówno poprawności motywacyjnej: zadeklarowania zgodnego ze swoimi preferencjami, jak i braku zachęty do poprawy wyników studiów.

## Zapisy według rankingu średniej ze studiów

W tym trybie rejestracja odbywa się w kilku turach. W każdej z nich użytkownik musi zadeklarować, do której z grup w ramach każdego przedmiotu

chciałby uczęszczać. Następnie tworzona jest lista rankingowa na podstawie średnich ocen poszczególnych studentów. Jeżeli liczba chętnych do danej grupy przekracza liczbę miejsc, to osoby zajmujące dalsze miejsca na liście są odrzucane, a szanse na swoją rejestrację muszą szukać w kolejnej turze. W porównaniu z poprzednimi ten typ rejestracji ma wiele zalet. Wykluczona jest przypadkowość zapisów. Jeśli system jest dobrze przygotowany technicznie, to nie ma możliwości oszukania. Ta konstrukcja zapisów jest dodatkowym czynnikiem motywującym studentów do poprawy swoich wyników w nauce. Średnia ocen jest w warunkach akademickich dosyć dobrym czynnikiem różnicującym studentów, gdyż jest ona częścią systemu stypendialnego i od dawna są wypracowane procedury związane z oceną studentów wg tego kryterium, a przez to nie ma pokusy podania nierzetelnych danych. Mankamentem tej metody rejestracji jest brak uwzględnienia preferencji studentów o gorszych wynikach w nauce. W tym trybie student o wyższej średniej ma zawsze pierwszeństwo przed osobami o niższej średniej ocen i nie zależy to od różnicy w preferencjach oraz wielkości różnicy w średniej ocen. Możliwa jest sytuacja, w której student, któremu bardzo zależy na uczestnictwie w danej grupie zajęciowej, nie dostanie się, ponieważ przypadkowo aplikowała na to miejsce osoba o średniej wyższej zaledwie o 0,01.

### **Zapisy dokonywane na podstawie selekcji prowadzącego**

System akceptacji przez prowadzącego zajęcia w rzeczywistości jest systemem, w którym Internet jest wykorzystywany tylko jako skuteczne narzędzie komunikacji umożliwiające studentom wyrażenie swojej woli zapisu, a prowadzącym — ich przegląd i selekcję. Takie narzędzie nie podlega analizie w tej pracy ponieważ alokacja nie jest automatyczna.

Na podstawie przeprowadzonej powyżej analizy można wnioskować, że działające obecnie systemy rekrutacji na zajęcia nie działają efektywnie lub/i nie mają realnego oddziaływania na motywację studentów do poprawy średniej ocen ze studiów. Potwierdzeniem tej sytuacji jest popularność otwieranej giełdy zajęć, która pozwala zwiększyć użyteczność na ostatnim etapie rejestracji. Studenci, którzy nie są zadowoleni z efektów swojej rejestracji, mogą zaproponować zamianę studentom z innych grup. Jeżeli pojawiają się pary o przeciwnych deklaracjach lub istnieją odpowiednie wolne miejsca, dokonywana jest zamiana [Stępień et al., 2008]

## **2. Propozycja zastosowania systemów aukcyjnych w systemie rejestracji USOS**

Na podstawie analogii z systemami aukcyjnymi wykorzystywanymi w licytacji miejsc reklamowych w wyszukiwarkach internetowych został zaproponowany tryb rejestracji oparty na następujących zasadach:

1. Na podstawie wyników studiów (średnia z ocen) student otrzymuje wynagrodzenie w postaci punktów. Wyższa średnia przekłada się na wyższe dochody. Otrzymane punkty są odpowiednikiem dochodów pieniężnych. Punkty nie przedmiotem wymiany między studentami i służą jedynie do zapisów na zajęcia. Studenci wykorzystują całą przyznaną pulę punktów, uczestnicząc w aukcji miejsc na zajęcia. Po rozstrzygnięciu aukcji nie ma dogrywek i nierozdysponowane punkty nie przechodzą na następne sesje rekrutacyjne.
2. W określonym czasie studenci rejestrują swoje oferty. W tym okresie mogą dowolnie korygować swoje decyzje. Aukcja ma charakter statyczny. Studenci mają określony czas na podjęcie decyzji, ale rozstrzygnięcie odbywa się w jednej sesji. Jest to aukcja tajna — studenci nie znają wycen ani składanych przez innych ofert.
3. Tabela ofert składa się z dwóch części: w pierwszej przedstawione są przedmioty z podziałem na grupy zajęciowe (prowadzący oraz godziny zajęć). Mogą być to wykłady z danej puli przedmiotów do wyboru, lektoraty, grupy ćwiczeniowe. Studenci w tej części tabeli określają swoje preferencje — podają swoje wyceny (użyteczności) danej grupy zajęciowej dla danego przedmiotu. W drugiej części tabeli ofert studenci rozdysponowują swój dochód punktowy między poszczególne przedmioty.
4. O przydziale na dane zajęcia decyduje przebieg aukcji. Dla danego przedmiotu na podstawie ofert punktowych tworzy się ranking. Osoby, które złożyły najwyższą ofertę, przypisywane są w pierwszej kolejności do grup zajęciowych, dla których zadeklarowały one najwyższą wycenę.

Ten typ aukcji najbliższy jest wieloobiektowym aukcjom pierwszej ceny stosowanym we wczesnym stadium rozwoju reklamy internetowej [Fain et al., 2006]. Wieloobiektowa aukcja pierwszej ceny była pierwszą i najbardziej intuicyjną implementacją systemu aukcyjnego w systemach sponsorowanego wyszukiwania. Ta forma była stosowana przez firmę Overture, przejętą w 2003 roku przez Yahoo [Fain et al., 2006]. Zaletą aukcji pierwszej ceny jest przejrzystość konstrukcji i prostota. Okazało się jednak, że brak możliwości uzyskania w tego typu aukcji stabilnej równowagi Nasha powodował duże problemy praktyczne, które w końcu skłoniły sprzedawców slotów reklamowych do zmiany typu aukcji na zbliżoną do aukcji drugiej ceny oraz z ceną ważoną [Lahaie, 2006].

Jest kilka analogii rejestracji na zajęcia do wieloobiektowej aukcji pierwszej ceny używanej w sprzedaży reklam internetowych. W obu przypadkach sprzedaje się miejsce w danej przestrzeni. W przypadku reklam jest to slot reklamowy w określonym miejscu przeglądarki, w przypadku USOS zaś grupa zajęciowa dla danego przedmiotu. Użyteczność/wycena zależy od miejsca: dla reklamy im wyższe miejsce, tym większa użyteczność, w przypadku rejestracji studenci sami określają użyteczność danej grupy zajęciowej. W danej przestrzeni reklamowej znajduje się tyle miejsc, aby w zaspokoić popyt wszystkich uczestników. Popyt na grupy zajęciowe także musi być zaspokojony.



ny. Stosunkowo niższe oferty powodują jedynie przesunięcie na miejsca o mniejszej użyteczności. Poważną różnicą jest to, że miejsca w przestrzeni reklamowej zwykle nie dzieli się z innymi uczestnikami, a przez to jest to aukcja pierwszej ceny — jest jeden zwycięzca, który zaoferował najwyższą cenę. W przypadku rejestracji do grupy zajęciowej jest  $N$  zwycięzców, których ceny były najwyższe, czyli jest to aukcja wielu cen.

Zastosowanie aukcji wieloobektowej w przypadku systemu USOS ma dwojakiego rodzaju uzasadnienie: a) aukcja wieloobektowa może spełniać kryteria doskonałej dyskryminacji cenowej, tj. licytując zajęcia, uczestnicy podają prawdziwe wyceny — ile są gotowi zapłacić — i dokładnie tyle płać, pozbywając się całości swojej nadwyżki konsumenta (budżetu punktowego); b) jest to relatywnie proste rozwiązanie.

Można podać kilka warunków koniecznych, ale nie dostatecznych, aby aukcja wieloobektowa spełniała kryteria dyskryminacji cenowej. Po pierwsze, dyskryminacja cenowa jest możliwa, gdy sprzedający jest monopolistą lub ewentualnie ma siłę monopolistyczną [Lott i Roberts, 1991]. Przekładając ten warunek na potrzeby zastosowania do optymalizacji USOS — studenci nie powinni mieć wyboru pomiędzy skorzystaniem z opisanego systemu a wybraniem innej drogi rejestracji. Uczelnia, będąc jedynym dostępnym dostawcą grup, do których należy się zapisać, spełnia ten warunek — jest monopolistą. Po drugie, poza siłą monopolistyczną firma musi mieć też skalę działalności, która pozwala efektywnie działać mechanizmowi aukcyjnemu. Żeby aukcje działały efektywnie, liczba zainteresowanych musi być duża, najlepiej znacznie większa niż liczba dostępnych slotów. W przeciwnym wypadku nieliczni licytujący najczęściej kupują po cenie minimalnej. W przypadku USOS warunek ten jest spełniony — nadmiar kandydatów i konieczność zaspokojenia potrzeb ich wszystkich jest głównym celem systemu rekrutacji

Aby wdrożyć system aukcji wieloobektowych, trzeba także spełnić podstawowe kryterium — mieć możliwość sprzedawania w jednej sesji wielu przedmiotów. W przypadku reklamy w Internecie założenie to jest realizowane poprzez umieszczanie wielu reklam na jednej stronie i naliczanie cen w zależności od liczby kliknięć. Dla systemu USOS przedmiotem aukcji jest zapis do grupy — w każdej z nich jest wiele miejsc, można więc analogicznie wystawiać je do sprzedaży w jednej sesji aukcji. Ważną barierą wdrożenia takiego systemu jest konieczność stworzenia i obsługi automatycznego systemu aukcji i rozliczeń. Dla sprzedaży reklamy są to przedsięwzięcia kosztowne i skomplikowane, zważywszy, że aukcje odbywają się w trybie ciągłym przy każdej odsłonie strony docelowej dla użytkownika. System obejmuje również rozliczenia pieniężne, co nakłada na niego dodatkowe wymagania w zakresie jakości kodu i zabezpieczeń przed przestępczością internetową. W systemie rejestracji studentów wystarczą na szczęście dużo prostsze rozwiązania. Rejestracja nie odbywa się w czasie rzeczywistym — oferty są składane w określonym przedziale czasowym.

W przeciwieństwie do aukcji drugiej ceny uczestnicy aukcjach pierwszej ceny nie mają motywacji, aby podawać swoje rzeczywiste wyceny i w najprostszym przypadku prywatnej wyceny aukcji statycznej niejawniej ich oferta zależy będzie jedynie od własnej wyceny oraz liczby licytujących [Klemperer, 2004; Edelman i Ostrovsky, 2007]. Obserwowane zachowania mogą być jeszcze modyfikowane w zależności od instytucjonalnych uwarunkowań, ale efekt ten nie zanika i może generować dodatkowe niepożądane efekty. W przypadku jawnej dynamicznej aukcji wieloobiektywnej pierwszej ceny efekt jest natychmiastowy — uczestnicy natychmiast obniżają swoje wyceny do wartości minimalnie przekraczającej wycenę najbliższego przeciwnika [Edelman i Ostrovsky, 2007]. Jeżeli aukcja jest niejawną, to dochodzi do nieustannych wahań deklarowanych wycen, które mają na celu zbadanie, przy jakiej kwocie pozycja reklam w wynikach wyszukiwarki zaczyna się zmieniać. Tutaj również dochodzi do obniżenia wycen — najpierw na skutek zmian wycen w celu „badania konkurencji”, a następnie gry toczącej się między licytującymi. Wykres cen w czasie przypomina wzór zębów piły (*sawtooth pattern*) [Asdemir, 2006]. Tego typu zachowania cen były obserwowane w przypadku systemu zaproponowanego przez firmę Overture [Edelman i Ostrovsky, 2007]. Z tego względu systemy aukcyjne pierwszej ceny wykazywały się gorszą efektywnością i zostały zastąpione przeważnie przez aukcje drugiej ceny [Lahaie, 2006].

W zaproponowanym trybie rejestracji aukcyjnej problem nieefektywności może być wyeliminowany. W systemach aukcyjnych cele sprzedawcy i kupującego są przeciwstawne. Kupujący dąży do maksymalizacji różnicy między prywatną wyceną a ceną zawarcia transakcji. Sprzedawcy dążą do zminimalizowania tej różnicy i przejęcia całej nadwyżki konsumenta. W przypadku systemu rejestracji celem zarówno sprzedającego (uczelnia), jak i uczestników (studenci), jest takie rozdysponowanie miejsc w grupach zajęciowych, aby uzyskana użyteczność była jak największa. Studenci nie dążą do maksymalizacji różnicy między ich wyceną a ceną transakcyjną, ponieważ waluta którą się posługują (punkty) nie ma dla nich żadnej użyteczności po dokonaniu rejestracji. Pomimo tego uproszczenia system nie jest łatwy do teoretycznej analizy zmian efektywności. Jest to przypadek aukcji w którym: i) każdy z uczestników dysponuje ograniczonym budżetem, ii) uczestnicy wyceniają  $N$  dóbr, jakimi są miejsca zajęciowe, iii) wycena opiera się na wartości prywatnej i wspólnej. Jest to bardzo szczególny przypadek aukcji wieloobiektywnych, których teoria dopiero powstaje [Klemperer, 2004]. Z tego też względu określenie, czy system ten działa efektywnie i studenci ujawniają swoje prawdziwe wyceny, oparte będzie o metody eksperymentalne i symulacyjne.

Podstawowym kryterium oceny jakości proponowanego systemu rejestracji będzie zanotowanie poprawy użyteczności w stosunku do trybów rejestracji już istniejących. Ważny jest także rozkład użyteczności — może on być równomierny, kiedy wszystkie osoby uzyskują podobny procent swojej maksymalnej użyteczności. Ze względów motywacyjnych system ten powinien

jednak różnicować studentów ze względu na osiągnięte wyniki. Studenci o wyższej średniej ocen powinni spodziewać się osiągnięcia relatywnie wyższego poziomu zadowolenia z rejestracji niż osoby o gorszych wynikach. Siła tej zależności powinna być przedmiotem dalszych badań, tak aby uniknąć bojkotu systemu ze strony osób o niższej średniej.

Problem alokacji miejsc zajęciowych może być rozwiązany przez dwa alternatywne do zaproponowanego systemu aukcyjne. Jeżeli celem systemu jest maksymalizacja dobrobytu społecznego jako sumy użyteczności rejestrujących się, to system aukcyjny Vikreya-Grovesa-Clarke'a wydaje się być najlepszy [Klemperer, 2004]. Innym, mniej znanym typem jest aukcja kombinatoryczna, w której możliwe jest pakietowe zgłaszanie ofert kupna wielu dóbr [Klemperer, 2004]. W przypadku rejestracji student mógłby licytować zestaw grup zajęciowych z różnych przedmiotów, co umożliwiałoby mu lepsze zarządzanie czasem. Są to ciekawe pod względem teoretycznym propozycje, ale nie spełniają drugiego ważnego kryterium oceny: łatwości implementacji oraz intuicyjnego dla odbiorcy mechanizmu aukcyjnego. W istniejących systemach rejestracji powiązanie wyników rejestracji ze średnią nie istnieje w przypadku trybów rejestracji: kolejkowego i z wyrażaniem preferencji na skali dyskretnej, jest zaś mocne w systemie rejestracji według średniej.

### 3. Badania eksperymentalne — założenia, konstrukcja

Głównym celem przeprowadzonego eksperymentu jest zweryfikowanie hipotezy o możliwej poprawie użyteczności użytkowników przez wprowadzenie trybu rejestracji aukcyjnej. Będzie to osiągnięte przez porównanie użyteczności uzyskanej podczas eksperymentu rejestracji aukcyjnej z wynikami symulacji rejestracji stosowanych obecnie w systemie USOS. Drugim kryterium tworzenia tego systemu jest jego aplikowalność. System powinien być na tyle prosty, żeby mógł z niego korzystać każdy — nie tylko student ekonomii, który poznał mechanizmy aukcyjne podczas zajęć. Z tego względu eksperyment był przeprowadzony w dwóch sesjach — w pierwszej brali udział wyłącznie studenci ekonomii, w drugiej — uczestnicy zróżnicowani pod względem kierunku i poziomu wykształcenia.

*Wynagrodzenie punktowe* — dla potrzeb eksperymentu zastosowano proste przeliczenie średniej na punkty będące walutą aukcji. W każdej rundzie z rozkładu jednostajnego  $<3; 5,5>$  została wylosowana średnia dla danej osoby, wartość ta pomnożona przez 10 stanowiła jej budżet. Takie podejście odzwierciedla wartości możliwej do osiągania średniej ocen w populacji oraz umożliwia większą podzielność budżetu. Przyjęcie rozkładu jednostajnego było uproszczeniem i w następnych badaniach należałoby zmienić typ rozkładu na bardziej zbliżony do empirycznego rozkładu.

*Symulacja wyceny grup zajęciowych* — symulowana wycena łączna użyteczności z grup zajęciowych powstała przez losowanie dwóch składowych: wyceny wspólnej (*common value*) i wyceny prywatnej (*private value*). Pierwszy składnik odwzorowuje ogólne preferencje w ramach całej grupy, drugi



zaś jest wartością indywidualną, charakterystyczną dla konkretnego uczestnika. Przy zastosowaniu jedynie wartości prywatnej rozkłady popularności byłyby podobne dla wszystkich grup, co ułatwiłoby efektywne rozmieszczenie studentów w grupach, ale słabo oddawałoby rzeczywistość, w której niektóre grupy zajęciowe w ramach danego przedmiotu są bardzo popularne ze względu na prowadzącego, godziny zajęć oraz powiązanie z innymi zajęciami, a w innych pozostaje mnóstwo wolnych miejsc. Bez zastosowania wartości wspólnej te czynniki nie zostałyby odwzorowane w eksperymencie. Przypisanie przez eksperymentatora wyceny wspólnej i prywatnej jest typowym zabiegiem w aukcjach eksperymentalnych [Goeree, 2002]. Oddzielnym polem badań powinny być proporcje, w jakich te wartości powinny występować, aby dobrze odwzorowywać kryteria wyborów dokonywanych w rzeczywistości. W eksperymencie przyjęto proporcje 50/50. W każdej sesji losowano wartość wspólną — taką samą dla wszystkich graczy z rozkładu jednostajnego  $<0-50>$  i wartości prywatne losowane indywidualnie z rozkładu jednostajnego  $<0-50>$ .

*Problem decyzyjny* — w każdej rundzie uczestnicy musieli dokonać podziału swojego budżetu pomiędzy trzy przedmioty objęte rejestracją. Dysponowali informacją o swojej (symulowanej) wycenie poszczególnych grup zajęciowych oraz o wartości swojego punktowego budżetu. Pod macierzą użyteczności znajdowały się trzy rubryki, w które należało wpisać liczbę punktów przeznaczoną na zapisy na dany przedmiot. Suma liczb z tych rubryk nie mogła być wyższa niż dostępny dla gracza budżet. Zależnie od zadeklarowanej kwoty (i kwot zadeklarowanych przez innych graczy) uczestnik mógł zostać zarejestrowany do pierwszej, drugiej lub trzeciej pod względem użyteczności grupy. Na problem decyzyjny ma wpływ średnia wartość użyteczności dla danego przedmiotu i jej porównanie z innymi średnimi. Ważniejsze jest jednak rozłożenie użyteczności pomiędzy poszczególnymi grupami dla danego przedmiotu. Jeżeli różnice będą bardzo małe, przykładowo zerowe, wtedy licytujący nie będzie mógł poprawić ani pogorszyć swojej sytuacji w związku z rejestracją na dany przedmiot, dlatego — zachowując się racjonalnie — zadeklaruje najniższą możliwą stawkę. W przeciwnym przypadku, kiedy różnica między grupami jest bardzo wyraźna, warto zainwestować wiele w licytację, ponieważ trafienie do mniej preferowanej grupy powoduje dużą utratę użyteczności. System jest wolny od pokusy nadużycia, ponieważ budżet jest ograniczony, a poza tym rejestracja odbywa się w tylko jednej sesji, dlatego nie ma możliwości skorygowania swojej decyzji.

*Alokacja miejsc w grupach* — proces przydziału każdemu uczestnikowi grup zajęciowych dla każdego z przedmiotów wygląda następująco: a) na podstawie złożonych ofert tworzona jest lista rankingowa kandydatów; b) przydział do grup następuje w kolejności zgodnej z listą rankingową; c) osoby przydzielane są do grup zajęciowych, które dla nich mają najwyższą (symulowaną) wycenę łączną; d) po wypełnieniu limitu w pierwszej grupie zajęciowej kandydaci o niższych zgłoszonych ofertach będą przydzielani zgodnie

z drugą wyceną. Gdy limity miejsc dwóch grup zostaną wypełnione, reszta osób niezależnie od swojej wyceny łącznej trafia do grupy trzeciej.

*Wynagrodzenia* — wynagrodzenie uczestnika eksperymentu zależało od osiągniętej sumy użyteczności we wszystkich rundach.

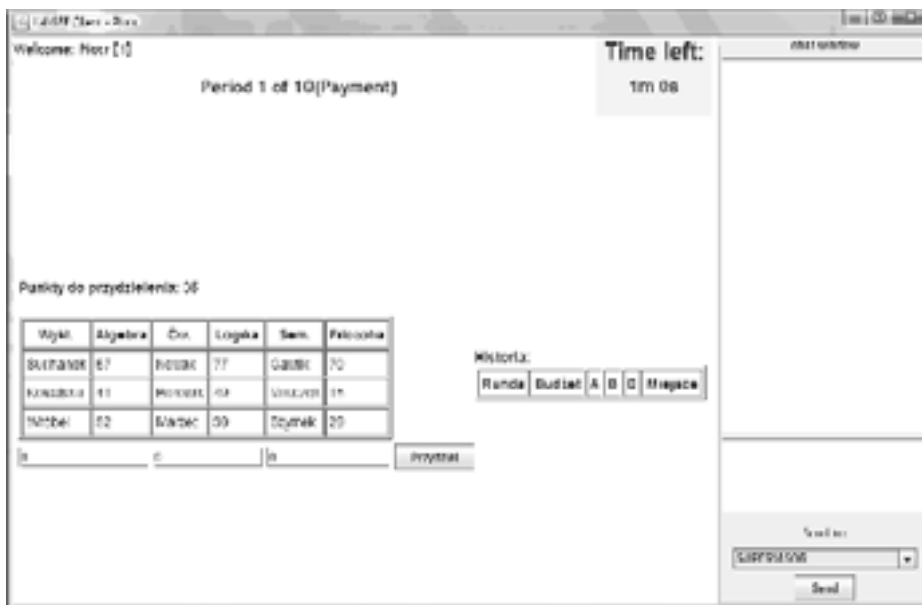
*Pomiar poprawy efektywności* — w warunkach eksperymentalnych możliwe jest zmierzenie efektów osiągniętej alokacji poprzez zsumowanie użyteczności, jakie osiągnęli uczestnicy eksperymentu po rejestracji i przydziale do grup zajęciowych.

W przypadku implementacji tego rozwiązania studenci sami musieliby określić swoje preferencje w stosunku do grup zajęciowych. Wybór ten wraz z zadeklarowaną dla danego przedmiotu stawką stanowiłby komplet informacji potrzebnych do przeprowadzenia rejestracji. System pełniłby jeszcze jedną niezwykle istotną rolę — skutecznie zmuszałby studentów do ujawnienia swoich preferencji i wyrażenia ich w postaci numerycznej. Ta informacja mogłaby stanowić cenną wskazówkę dla władz przy planowaniu siatki oraz obsady zajęć.

#### 4. Wyniki

Eksperyment został oprogramowany i przeprowadzony z użyciem oprogramowania LabSEE [Kowal, Kopczewski, Borowski, 2008]. Właściwe badanie zostało przeprowadzone w dwóch sesjach. Sesja pierwsza: 30 czerwca 2009 eksperyment przeprowadzony w laboratorium na grupie studentów ekonomii WNE UW w ramach kursu Laboratorium Ekonomii Eksperymentalnej. Grupa eksperymentalna składała się z 12 studentów czwartego i piątego roku ekonomii. Podział liczby miejsc był równy — w każdej grupie były po 4 miejsca. Sesja druga: 8 lipca 2009 eksperyment przeprowadzony przez Internet w ramach ogólnouniwersyteckich zajęć e-learningowych IBIZA. Grupa eksperymentalna składała się z 13 osób. Grupa była niejednorodna: głównie studenci kierunków humanistycznych studiów licencjackich, magisterskich i doktorskich UW. Podział liczby miejsc nie był równy. W dwóch pierwszych grupach liczba miejsc była równa 4, w ostatniej dopełniającej 5. Wynagrodzeniem w obydwu przypadkach były dodatkowe punkty zaliczeniowe. Wynagrodzenie zależało od sumy użyteczności łącznej osiągniętej podczas eksperymentu.

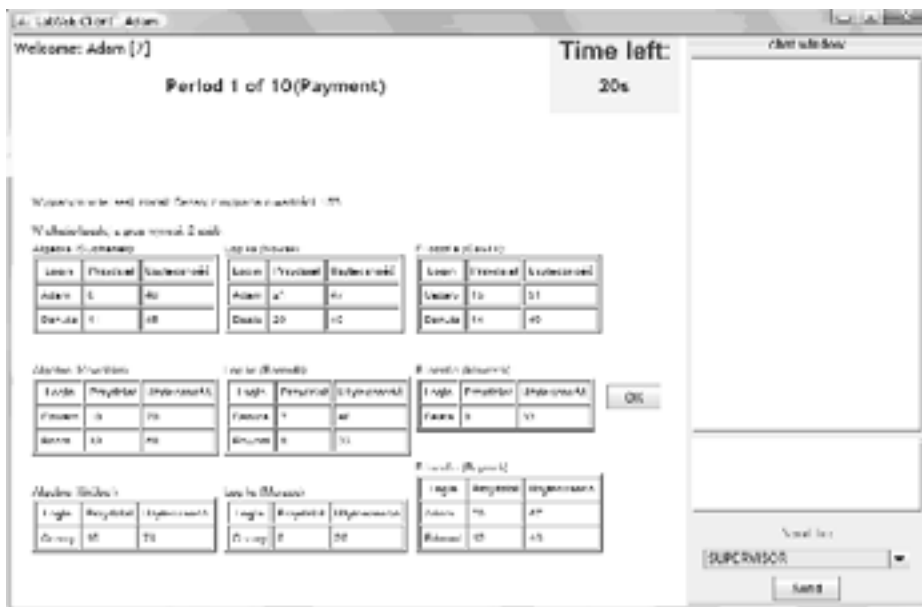
Po zapoznaniu się z ekranami informacyjnymi uczestnik przechodził sekwencję ekranu decyzyjnego i ekranu wyników. Jeżeli któryś z uczestników nie zadeklarował licytowanych stawek w określonym czasie, system przyjmował takie wartości, jakie w momencie upływu limitu czasu znajdowały się w odpowiednich komórkach. Ekran wyników zawierał zestawienie wszystkich dziewięciu grup zajęciowych wraz z listami zarejestrowanych do nich uczestników eksperymentu. W tabelach podany był również budżet przeznaczony na daną rejestrację oraz uzyskana użyteczność. Taka informacja zwrotna mogła być pomocna dla uczestników eksperymentu przy podejmowaniu decyzji w kolejnych turach.



**Rys. 1.**

Ekran decyzyjny programu LabSEE w eksperymencie rejestracji USOS

Źródło: opracowanie własne.



**Rys. 2.**

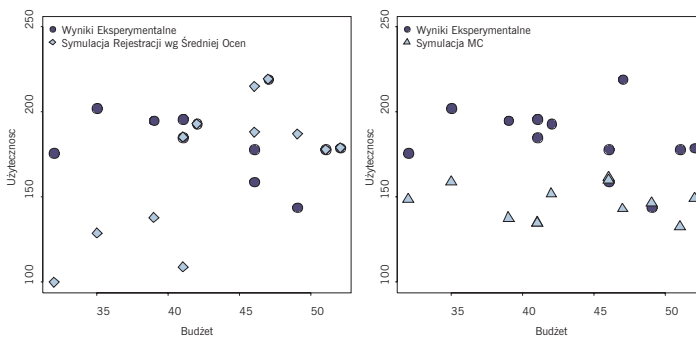
Ekran wyników programu LabSEE w eksperymencie rejestracji USOS

Źródło: opracowanie własne.

W celu porównania efektywności rejestracji aukcyjnej z obecnie funkcjonującymi trybami rejestracji na podstawie danych wykorzystanych w eksperymencie, tj. użyteczności i budżetu, przeprowadzone zostały symulacje odzwierciedlające inne tryby przypisań do grup zajęciowych:

1. Na podstawie symulacji deterministycznej określono użyteczność przy założeniu użycia trybu rejestracji według rankingu średniej ze studiów.
2. Na podstawie symulacji Monte Carlo określono średnią użyteczność z losowego przypisania do grup zajęciowych, co jest aproksymacją użyteczności z typu zapisów według kolejności zgłoszeń.

Uzyskane symulacyjnie użyteczności uczestników były porównane z wielkościami użyteczności uzyskanymi podczas eksperymentu. Na poniższych rysunkach porównano wyniki symulacji oraz wyniki indywidualne w pierwszej i ostatniej rundzie w obu sesjach eksperymentalnych — pierwszy eksperyment ze studentami ekonomii (rys. 3a i 3b) oraz drugi eksperyment ze studentami mieszanymi — z różnych kierunków studiów humanistycznych (rys. 4a i 4b). Na osi X obserwacje są uporządkowane według dostępnego budżetu.

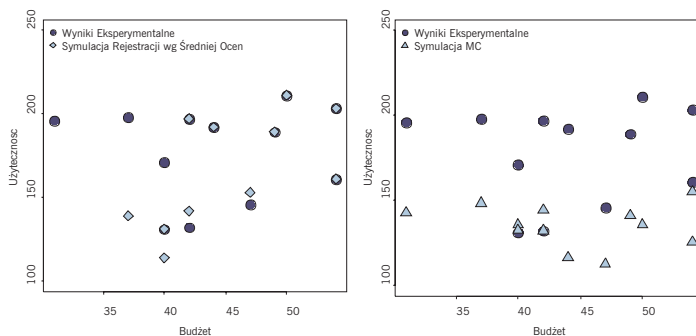


**Rys. 3a.**

**Użyteczności indywidualne w zależności od metody rejestracji do grup w rundzie 1.**

— pierwszy eksperyment ze studentami ekonomii, liczba uczestników  $N = 12$

Źródło: opracowanie własne.

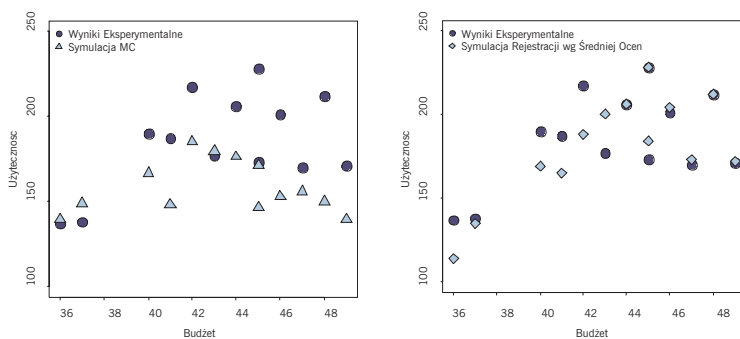


**Rys. 3b.**

**Użyteczności indywidualne w zależności od metody rejestracji do grup w rundzie 9.**

— pierwszy eksperyment ze studentami ekonomii, liczba uczestników  $N = 12$

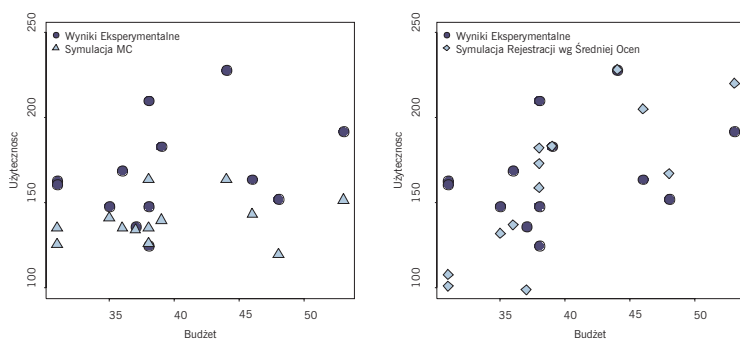
Źródło: opracowanie własne.

**Rys. 4a.**

Użyteczności indywidualne w zależności od metody rejestracji do grup w rundzie 1.

— drugi eksperyment ze studentami mieszanymi, liczba uczestników  $N = 13$

Źródło: opracowanie własne.

**Rys. 4b.**

Użyteczności indywidualne w zależności od metody rejestracji do grup w rundzie 9.

— drugi eksperyment ze studentami mieszanymi, liczba uczestników  $N = 13$

Źródło: opracowanie własne.

Na podstawie powyższych wykresów można już wnioskować o różnicach zarówno w indywidualnej, jak i łącznej użyteczności, uzyskiwanych przy wykorzystywaniu różnych metod przypisań. Generalnie można zauważyć, że najmniej efektywnym sposobem przypisania do grup zajęciowych jest losowanie. Ten typ rejestracji jest zarówno gorszy od rejestracji eksperymentalnej opartej na systemie aukcyjnym, jak i od rejestracji według średniej z ocen. Ten wynik świadczy o tym, że każdy sposób wyrażania swoich preferencji w procesie rejestracji prowadzi do poprawy efektywności. W przypadku porównania rejestracji aukcyjnej z rejestracją według średniej różnice nie są jednoznaczne. Można zauważyć, że poprawia się sytuacja osób z niską średnią, tj. budżetem poniżej 45. W przypadku osób z wyższą średnią wynik jest niejednoznaczny. W przypadku pierwszego eksperymentu (studenci ekonomii, rys. 3a i 3b) można zauważyć poprawę między rundą pierwszą (1.) i ostatnią (9.). Wyniki rekrutacji aukcyjnej są lepsze zarówno dla osób z wysoką, jak i z niską średnią. W drugim eksperymencie (studenci mieszanego kierunku



humanistycznych, rys. 4a i 4b) brak jest podstaw do wnioskowania o procesie uczenia się.

Na podstawie rysunków trudno jest wnioskować o poprawie efektywności rejestracji przez zastosowanie aukcji wieloobiektowej. Można przyjąć dwa kryteria poprawy efektywności: pierwsze, słabsze kryterium, które jest warunkiem koniecznym — jest to poprawa sumy użyteczności uczestników rejestracji. Spełnienie tego kryterium nie jest jednoznaczne z maksymalizacją użyteczności całego społeczeństwa. W przypadku eksperymentu użyteczności/wyceny były podane i można zastosować te kryterium, ale w przypadku agregacji preferencji społecznej pojawia się problem użyteczności jako miary porządkującej, a nie kardynalnej [De Soto, 2010]. Oznacza to, że student jest w stanie określić, które z zajęć preferuje, ale nie można porównać tych preferencji między studentami. Na podstawie danych eksperymentalnych można wyprowadzić drugie, mocniejsze kryterium poprawy efektywności: jeżeli użytkownik uzyskał poprawę swojej indywidualnej użyteczności bez pogarszania użyteczności innych, to można powiedzieć, że przez zastosowanie aukcyjnej rejestracji osiągnięta została poprawa w sensie Pareto w porównaniu z wcześniej istniejącymi systemami.

Przekładając te kryteria na testy statystyczne można użyć nieparametrycznych testów porównań parami Wilcoxa. Według pierwszego kryterium poprawy efektywności suma uzyskanych użyteczności powinna być statystycznie wyższa. W teście porównuje się, czy sumy użyteczności w poszczególnych rundach będą wyższe zarówno w pierwszej jak i drugiej sesji. Według drugiego kryterium użyteczność jednostkowa z aukcyjnego systemu rejestracji powinna być statystycznie wyższa niż w przypadku innego typu rejestracji — rozkład użyteczności systemu aukcyjnego jest przesunięty w górę w stosunku do rozkładu użyteczności z innych systemów rejestracyjnych. Jeżeli wyniki nie wskazują na taką zależność, to można testować hipotezę, że inny system aukcyjny przynosi indywidualnie wyższą użyteczność. Wyniki tego testu pokazane zostały w poniższych tabelach (tab. 1. i 2.), odpowiednio dla pierwszego i drugiego eksperymentu.

### Tabela 1.

Nieparametryczny test Wilcoxa porównujący sumaryczną użyteczności parami w zależności od typów rejestracji — eksperyment 1 ze studentami ekonomii

Runda	Suma użyteczności			Nieparametryczny test rangowy Wilcoxa porównań parami (statystyka V)	
	EXP	GRADE	MC	EXP vs GRADE	EXP vs MC
1.	2204	2020	1759,7	$V = 22; p\text{-value} = 0,1024$	$V = 75; p\text{-value} = 0,001221$
2.	2314	2133	1899,3	$V = 37,5; p\text{-value} = 0,1663$	$V = 76; p\text{-value} = 0,0007324$
3.	2109	1855	1676,2	$V = 36; p\text{-value} = 0,06177$	$V = 78; p\text{-value} = 0,0002441$
4.	2662	2520	2212,1	$V = 9; p\text{-value} = 0,1006$	$V = 78; p\text{-value} = 0,0002441$
5.	2044	1968	1669,3	$V = 29; p\text{-value} = 0,2386$	$V = 75; p\text{-value} = 0,001221$

Runda	Suma użyteczności			Nieparametryczny test rangowy Wilcoxon'a porównań parami (statystyka V)	
	EXP	GRADE	MC	EXP vs GRADE	EXP vs MC
6.	2458	2253	2067,6	$V = 35; p\text{-value} = 0,07757$	$V = 78; p\text{-value} = 0,0002441$
7.	2255	1951	1884,3	$V = 24; p\text{-value} = 0,05416$	$V = 75; p\text{-value} = 0,001221$
8.	2178	1947	1815,2	$V = 52; p\text{-value} = 0,04983$	$V = 74; p\text{-value} = 0,001709$
9.	2127	1895	1623,1	$V = 12; p\text{-value} = 0,1404$	$V = 75; p\text{-value} = 0,001221$

EXP — rejestracja systemem aukcji wieloobiektowej — wyniki eksperymentu

GRADE — rejestracja według kryterium średniej — symulacja

MC — rejestracja losowa — symulacja Monte Carlo

Źródło: Opracowanie własne.

## Tabela 2.

Nieparametryczny test Wilcoxon'a porównujący sumaryczną użyteczności parami w zależności od typów rejestracji — eksperyment 2 ze studentami mieszanymi kierunków humanistycznych

Runda	Suma użyteczności			Nieparametryczny test rangowy Wilcoxon'a porównań parami (statystyka V)	
	EXP	GRADE	MC	EXP vs GRADE	EXP vs MC
1.	2407	2230	2060,2	$V = 37,5; p\text{-value} = 0,1649$	$V = 85; p\text{-value} = 0,001709$
2.	2191	2093	1813,2	$V = 86; p\text{-value} = 0,001221$	$V = 27; p\text{-value} = 0,3175$
3.	2667	2414	2167,4	$V = 36; p\text{-value} = 0,06177$	$V = 90; p\text{-value} = 0,0002441$
4.	2326	2133	1892,1	$V = 48; p\text{-value} = 0,09866$	$V = 90; p\text{-value} = 0,0002441$
5.	2505	2476	2174,3	$V = 33,5; p\text{-value} = 0,15$	$V = 90; p\text{-value} = 0,0002441$
6.	2536	2258	2032,3	$V = 49; p\text{-value} = 0,2281$	$V = 91; p\text{-value} = 0,0001221$
7.	1936	1737	1604,7	$V = 58; p\text{-value} = 0,07328$	$V = 88; p\text{-value} = 0,0006104$
8.	2179	2094	1815,7	$V = 42; p\text{-value} = 0,2247$	$V = 90; p\text{-value} = 0,0002441$
9.	2235	2002	1766,4	$V = 49; p\text{-value} = 0,08408$	$V = 91; p\text{-value} = 0,0001221$

EXP — rejestracja systemem aukcji wieloobiektowej — wyniki eksperymentu

GRADE — rejestracja według kryterium średniej — symulacja

MC — rejestracja losowa — symulacja Monte Carlo

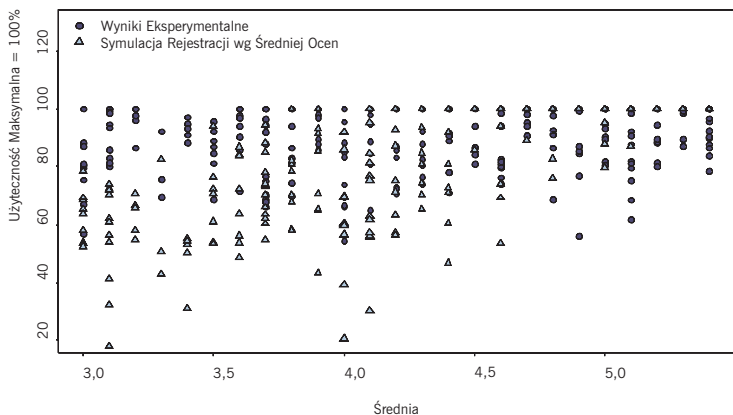
Źródło: opracowanie własne.

Wyniki testów statystycznych potwierdzają hipotezę o zwiększeniu się użyteczności przy wprowadzeniu systemu aukcyjnego:

1. W przypadku kryterium zwiększenia sumy użyteczności w teście porównującym sumy użyteczności w dwóch eksperymentach wartość statystyki testu Wilcoxon'a wskazywała jednoznacznie na podniesienie poziomu użyteczności z zastosowania rejestracji aukcyjnej zarówno w stosunku do rejestracji według kolejności, jak i według średnich ocen ( $V = 45; p\text{-value} = 0,002$ ).
2. Według drugiego kryterium rekrutacja aukcyjna przynosi wyższy poziom użyteczności w stosunku do rejestracji opartej na losowaniu — wyniki z sy-

mulacji MC. Na tej podstawie można wnosić, że wprowadzenie rejestracji aukcyjnej poprawi sytuację studentów w porównaniu z zapisami według kolejności zgłoszeń.

- Według drugiego kryterium rejestracja aukcyjna w stosunku do rejestracji opartej na średniej poprawia sytuację części uczestników rejestracji bez pogorszenia sytuacji innych. W przypadku kilku rund w każdym z eksperymentów na poziomie istotności 0,1 można odrzucić hipotezę o braku znaczących różnic między użytecznościami dla rejestracji aukcyjnej i rejestracji — test jednostronny wskazuje na dodatnie przesunięcie rozkładu użyteczności w przypadku rejestracji aukcyjnej. W innych rundach natomiast żaden test nie wskazał, że system rejestracji według średniej podniósł poziom użyteczności w stosunku do rejestracji aukcyjnej (dla wszystkich obliczonych testów  $p\text{-value} > 0,4$ ).



**Rys. 5.**

Użyteczności indywidualne w stosunku do maksymalnych możliwych do osiągnięcia wielkości (maksymalna użyteczność = 100) w zależności od metody rejestracji do grup, dane połączone dla eksperymentu pierwszego i drugiego

Źródło: opracowanie własne.

Jednak z punktu widzenia tworzenia systemu motywacyjnego jest ważne, czy grupa osób o najwyższych średnich będzie promowana po wprowadzeniu rejestracji aukcyjnej. W stosunku do najpopularniejszego trybu rejestracji według kolejności zgłoszeń warunek ten jest spełniony. W stosunku do rejestracji według średniej tryb aukcyjny działa tylko w ograniczonym zakresie. Na rysunku 5. przedstawiającym, w zależności od średniej z ocen, zależność między maksymalną użytecznością możliwą do osiągnięcia a wynikami osiągniętymi w rejestracji aukcyjnej można zauważyć, że w systemie rejestracji według średniej osoby, których budżet jest większy niż 45 (średnia 4,5), w większości osiągają maksymalną użyteczność, chociaż co zaskakujące — nie wszyscy. Aby dalej analizować wpływ rejestracji aukcyjnej na system, należało zanalizować rozkład średniej ocen w całej populacji i w nowym ekspe-

rymencie zmienić rozkład średniej ocen z jednostajnego na rozkład bliższy do rzeczywistego. Wnioski, które nasuwają się z analizy uzyskanych danych, wskazują na konieczność nieliniowego przeliczania średniej z ocen na punkty budżetu w rejestracji, tak aby promować osoby z najwyższą średnią. Funkcja powinna zależeć od rozkładu średniej ocen oraz może wykorzystywać rozkład Pareto, w którym odsetek osób z najwyższą średnią będzie dysponował znaczącym odsetkiem punktów z ogólnego budżetu. Rozkład Pareto jest dobrym punktem wyjścia do poszukiwania funkcji przeliczającej ocenę ze studiów na punkty zaliczeniowe za udział w eksperymentach — często wskazuje się bowiem na istnienie zależności między podziałem bogactwa zgodnym z rozkładem Pareto a efektywnością rynkową [Levy i Levy, 2003].

## 5. Podsumowanie i wnioski dotyczące dalszych badań

Wyniki eksperymentu oraz symulacji potwierdziły potencjalną przydatność mechanizmu aukcji wieloobiektowych w systemach rejestracji studentów do grup zajęciowych. Statystycznie tryb aukcyjny rekrutacji podniósł poziom użyteczności uczestników eksperymentu zarówno w stosunku do trybu rejestracji według kolejności, jak i według średniej. Jednak aby zastosować opisywany system w praktyce należałoby rozwiązać jeszcze wiele problemów. W eksperymencie przyjęto wiele założeń upraszczających, które mogą mieć wpływ na uzyskane wyniki. Po pierwsze, uczestnicy eksperymentu mieli przypisane użyteczności/wyceny grup zajęciowych, w realnym systemie zaś studenci sami muszą przypisać odpowiednie rangi do grup. W ramach następnych eksperymentów należy ocenić, jak powinien wyglądać system nadawania rang. Po drugie, w eksperymencie założono arbitralnie udział wyceny własnej i wyceny wspólnej w wycenie łącznej danego przedmiotu. Jaki jest jednak realny udział poszczególnych składników w wycenie dokonywanej przez studentów? Na podstawie obserwacji autorów o atrakcyjności danej grupy zajęciowej dla studentów pierwszych lat decyduje informacja o prowadzącym, w następnych latach godziny zajęć (łączenie studiów z pracą). Oznacza to, że o ile w pierwszych latach są to czynniki indywidualne, to w następnych wycena jest oparta na czynniku wspólnym. Po trzecie, bardzo ważny jest problem wzmocnienia mechanizmu motywującego w rekrutacji aukcyjnej. Jest to problem znalezienia odpowiednich parametrów funkcji przeliczania średniej ze studiów na punkty. Po czwarte, wprowadzenie takiego trybu rejestracji nie może być realizowane wbrew studentom. Powinno być poprzedzone badaniami, czy system ten jest zrozumiały i jakie muszą być spełnione warunki, aby nie był on bojkotowany.

Jednym z najważniejszych celów wprowadzenia nowego trybu rejestracji jest pogodzenie efektywności alokacji opartej na indywidualnych preferencjach oraz mechanizmu motywującego do podnoszenia wyników w nauce. Zaproponowany tryb rejestracji może zrealizować te cele, dlatego autorzy traktują przedstawione badanie jako wstęp do przełożenia wyników badań na realne rozwiązania.

## Bibliografia

- Asdemir K., 2006, *Bidding patterns in search engine auctions*, w: *Second Workshop on Sponsored Search Auctions*, ACM Electronic Commerce.
- De Soto J.H., 2010, *Sprawiedliwość a efektywność*, www.fijor.com.
- Edelman B., Ostrovsky M., 2007, *Strategic Bidder Behavior in Sponsored Search Auctions*, „Decision Support Systems” Vol. 43, Elsevier, Amsterdam.
- Fain D.C., Pedersen J.O., 2006, *Sponsored Search: a Brief History*, „Bulletin of the American Society for Information Science and Technology” Vol. 32.
- Goeree J.K., 2002, *Efficiency in Auctions with Private and Common Values: An Experimental Study*, „American Economic Review” No. 92(3), June, s. 625–643.
- Klemperer P., 2004, *Auctions: Theory and Practice*, Princeton University Press.
- Kowal P., Kopczewski T., Borowski R., 2008, *Oprogramowanie do tworzenia eksperymentów ekonomicznych on-line*, „Ekonomia” nr 21.
- Lahaie S., 2006, *An Analysis of Alternative Slot Auction Designs for Sponsored Search*, ACM Conference on Electronic Commerce.
- Levy M., Levy H., 2003, *Investment Talent and the Pareto Wealth Distribution: Theoretical and Experimental Analysis*, „The Review of Economics and Statistics” Vol. 85, No. 3 (Aug.), s. 709–725.
- Lott J.R., Roberts R.D., 1991, *A Guide to the Pitfalls of Identifying Price Discrimination*, „Economic Inquiry” Vol. 29, ABI/INFORM.
- Mincer-Daszkiwicz J., 2009, *Uniwersytecki System Obsługi Studiów*, wiosenna konferencja Oracle dla uczelni wyższych, 1.04., Warszawa, <http://usos.edu.pl/inne-publicacje/prezentacja-usos-i-muci-na-konferencji-rozwiazania-oracle-dla-placowek-edukacyjnych>.
- Stępień A., Kośła K., Krysiak-Klejnberg M., 2008, *Rejestracje w USOSweb. Rejestracja Bezpośrednia do Grup. Przewodnik „Krok Po Kroku” Dla Studentów*, Warszawa.
- Varian H., 2008, *Position Auctions*, „International Journal of Industrial Organization” XXV(2007), s. 1163–1178.

### **A b s t r a c t** Application of the multi-object first-price auction in the students registration system USOS

The article shows a possibility of applying the multi-object first-price auction to the students registration system for the class at the University Study-Oriented System (called USOS). On the basis of experimental data and the Monte Carlo simulation changes in the effectiveness were determined after the possible introduction of the new type of registration based on the auction system in relation to existing systems of registration and it was determined whether this system will motivate the students.

