

Historia opracowywania i wykorzystywania własnego oprogramowania do testowego sprawdzania wiedzy¹

Ponad dwadzieścia lat temu prof. dr hab. Andrzej Kulig zaproponował mi opracowanie w ciągu kilku miesięcy systemu informatycznego do obliczania wyników testowego egzaminu wstępnego do wszystkich 12 akademii medycznych w Polsce na wydziały lekarskie, wydziały stomatologii i wydziały farmacji. Test taki składał się ze 160 pytań testowych jednokrotnego wyboru, w tym 50 z biologii, 45 z fizyki, 45 z chemii i 20 z języka obcego. Zdawało go kilkanaście tysięcy kandydatów (przykładowo w roku 1990 tylko na wydziały lekarskie zdawało 8583 kandydatów, z których zostało przyjętych 3504). Obliczenia należało wykonać w ciągu kilku dni.

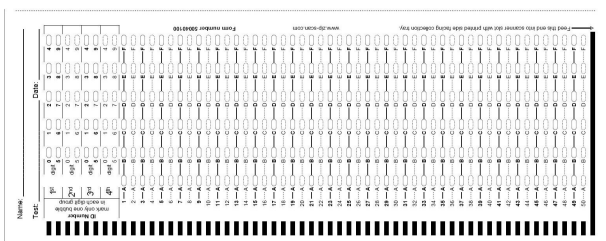
Z uwagi na ówczesny stan technologii i krótki czas na zaprojektowanie oraz wykonanie systemu, przyjęto dwuczęściową strukturę systemu:

- Komputer Odra 1305 z podłączoną kamerą. Wczytywanie kart z odpowiedziami realizowane było poprzez kamerę ulokowaną nad sprawdzarką kart, która automatycznie podawała kolejne karty; było to rozwiązanie autorstwa dr. inż. Włodzimierza Gogołka. Na komputerze tym dokonywano także kontroli i ewentualnej korekty nanoszonych niedokładnie odpowiedzi oraz transformacji pytań z II wersji testu do I. Wyniki obliczeń były zapisywane na taśmie magnetycznej.
- Komputer SM-1420, wzorowany logicznie na komputerze PDP-11 z taśmą magnetyczną oraz 4 dyskami twardymi o pojemności 5 MB, każdy. Najistotniejsze było programowe stworzenie z nich jednego dysku o pojemności 20 MB, kluczową rolę w tym zakresie odegrał pan Marek Lewicki. Obliczenia rozpoczynały się od konwersji informacji z taśmy magnetycznej ze standardu ICL na standard DEC. Na komputerze tym dokonywano zasadniczych obliczeń, obejmujących obliczanie wyników punktowych, ustalanie granic przyjęć oraz drukowanie list przyjętych i nieprzyjętych do wszystkich AM. Wykorzystywane oprogramowanie było dziełem mgr Ewy Kuśnierz, mgr. inż. Grzegorza Kozakiewicza, mgr. Włodzimierza Kuzaka i mgr. inż. Sławomira Wrotniaka. Opiekę techniczną nad komputerem sprawował p. Andrzej Majewski.



Pionierskie w tym czasie prace zostały docenione przez Podsekretarza Stanu w Ministerstwie Zdrowia i Opieki Społecznej – prof. dr. hab. Leszka Krysta, który w liście z 12 stycznia 1987 r. do autora podręcznika napisał m.in., że opracowane rozwiązanie „przyczyniło się do prawidłowego i terminowego ogłoszenia ostatecznych wyników egzaminów wstępnych”.



W kolejnym roku całość obliczeń wykonywano na komputerze SM-1420. Najważniejsze było zapewnienie możliwości wczytywania odpowiedzi, które były nanoszone ołówkiem na karty (wykonywane na zamówienie według własnego projektu w drukarni w Częstochowie). Podjęli się tego mgr inż. Maciej Wierzbę i mgr inż. Marek Perycz, którzy zaprojektowali modyfikację czytnika kart perforowanych Aritma,



¹ Niniejszy opis pochodzi z portalu książki: Marek Cieciora, Testowe sprawdzanie wiedzy – Poradnik dla egzaminujących i egzaminowanych, Vizja Press&IT, Warszawa 2008.

zarówno w zakresie elektroniki, jak i układów optycznych². Pierwotnie czytnik potrafił odczytać dane wydziurkowane na karcie, na podstawie przechodzącego światła – lewa kolumna poniższej tabeli. Dodatkowo chodziło o zapewnienie odczytywania danych naniesionych ołówkiem – światło odbite, wymagało to m.in. wykonania pryzmatów przez pracowników Politechniki Warszawskiej – prawa kolumna poniższej tabeli.

Tabela 1. Idea funkcjonowania czytnika – przed i po modernizacji³

JEDNOWIĄZKOWE BARIERY ŚWIETLNE	CZUJNIKI OPTYCZNE ODBICIOWE
<p>Nadajnik i odbior- nik umieszczone są w oddzielnych obudowach. Wiązka światła przebiega poprzez przestrzeń od nadajnika do odbiornika, umieszczonych naprzeciw sobie w skrajnych punktach zasięgu. Przesłonięcie wiązki promieni światlnych przez obiekt powoduje przerwanie transmisji i przełączenie obwodu wyjściowego czujnika. Ten typ czujnika stosuje się dla identyfikacji obiektów nieprzezroczystych, także odbijających promienie świetlne.</p> 	<p>Nadajnik i odbiornik umieszczone są we wspólnej obudowie. Reagują na obiekty wprowadzane w strefę działania czujnika. Wiązka promieni światlnych emitowanych przez nadajnik, napotykając na swojej drodze przeszkodę, odbija się od niej zgodnie z zasadami fizyki. Część tych promieni światlnych trafia bezpośrednio do odbiornika, gdzie wzmocnione służą do wytworzenia sygnału przełączającego wyjście czujnika.</p> 

Pierwotnie czytnik potrafił odczytać dane wydziurkowane na karcie, na podstawie przechodzącego światła. Dodatkowo chodziło o zapewnienie odczytywania danych naniesionych ołówkiem – światło odbite, wymagało to m.in. wykonania pryzmatów przez pracowników Politechniki Warszawskiej.

Ponieważ czytnik zachował swoje pierwotne możliwości, wprowadzono dziurkowanie kart odpowiedzi w zakresie numerów kandydatów na dziurkarce kart podłączonej do komputera R-32. Realizował to m.in. mgr inż. Mariusz Jabłoński.

Dla zapewniania 100% wiarygodności przetwarzanych odpowiedzi zastosowano żmudną procedurę sprawdzania odpowiedzi w dwóch przypadkach: kiedy nie udzielono odpowiedzi na pytanie lub udzielono więcej niż jednej – w procesie tym uczestniczyli członkowie komisji egzaminacyjnych z akademii medycznych i miejscowi informatycy.

Sumaryczny czas wykonywania końcowych obliczeń (po wczytaniu kart egzaminacyjnych i sprawdzeniu poprawności danych) wynosił kilkanaście godzin. Czas obliczeń dla najdłuższego etapu był dłuższy niż rozegranie kilku robrów, z drzeniem serca obserwowaliśmy na ekranie monitora wyświetlaną na bieżąco liczbę przetworzonych rekordów – najsłabszym elementem komputera były wspomniane wcześniej pamięci dyskowe.

Wysoką sprawność wykorzystywanego komputera SM-1420, w szczególności usunięcie czasami występujących awarii, zapewniał serwis jego producenta – Fabryki Mierników i Komputerów ERA, dzięki wsparciu Dyrektora Naczelnego inż. Wojciecha Mikulskiego, Dyrektora ds. Informatyki – inż. Tadeusza Rafałko i Kierownika Działu Produkcji Komputerów – inż. Witolda Tomczyka.

² W kilka dni po rozmowie o zakresie modyfikacji czytnika kart mgr inż. Maciej Wierzbę przyniósł „płatankę” przewodów z miniaturowym czujnikiem optycznym i żaróweczką, podłączonych do płaskiej baterii. Narysował ołówkiem na kartce kilka małych kółek i najechał czujnikiem na pierwsze z nich – żaróweczka się zapaliła, a po odjechaniu – zgasła. Takie działanie zostało powtórzone dla następnych kółek z analogicznym efektem. Usłyszałem wtedy zadowolony głos konstruktora „Szefie to naprawdę działa”. Taki stan był podstawą podjęcia intensywnych prac projektowych nad modernizacją czytnika.

³ <http://www.twt.com.pl/page.php?content=to>

Do zapewnienia poprawnego przebiegu procesu obliczeniowego stosowane były następujące rozwiązania⁴:

1. Karty odpowiedzi były dostarczane z akademii medycznych w zaplombowanych pudełkach, wczytywane do komputera w obecności członków komisji egzaminacyjnej. Bezpośrednio po wczytaniu wykonywany był wydruk udzielonych odpowiedzi w dwóch egzemplarzach – jeden dla komisji egzaminacyjnej i drugi dla zespołu obliczeniowego.
2. Prawidłowe odpowiedzi oraz odpowiedniość wersji były udostępniane i rejestrowane w komputerze dopiero po wczytaniu kart odpowiedzi ze wszystkich akademii medycznych, sprawdzeniu poprawności identyfikacji wszystkich sytuacji z brakiem odpowiedzi i udzieleniem więcej niż jednej odpowiedzi oraz dokonaniem ewentualnej korekty odczytu.
3. Ocena rzetelności testu i wiarygodności pytań, skutkująca ewentualną eliminacją pojedynczych pytań była prowadzona po wczytaniu wszystkich kart egzaminacyjnych oraz zapewnieniu zgodności zarejestrowanych w komputerze odpowiedzi z udzielonymi na kartach. Były przypadki eliminacji pytań, w których błędy zostały zgłoszone przez komisje egzaminacyjne.
4. Po dokonaniu ewentualnej eliminacji pytań były ustalane granice przyjęć w poszczególnych akademiach w oparciu o sumaryczne liczby punktów, co umożliwiało sporządzenie list przyjętych i nieprzyjętych z nadanymi numerami identyfikacyjnymi.

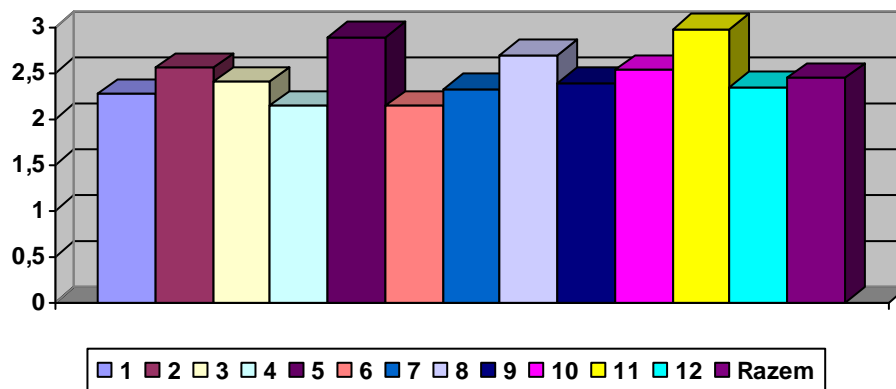
Na końcu wczytywano dane personalne kandydatów, co umożliwiało sporządzenie i wydrukowanie w 3 egzemplarzach na szybkiej drukarce wierszowej list imiennych kandydatów przyjętych i nieprzyjętych. Każda lista była ponumerowana, oznakowana pieczętą zespołu obliczeniowego i podpisana przez kierownika zespołu obliczeniowego. Listy te były wywieszane w akademiach medycznych.

W ciągu 2 tygodni po sporządzeniu list imiennych dokonywano analizy statystycznej wyników egzaminu na wydziały lekarskie w połączeniu z danymi kandydatów – tzw. dane środowiskowe, zarówno dla potrzeb poszczególnych akademii, jak i Ministerstwa Zdrowia. Obejmowała ona takie dane, jak:

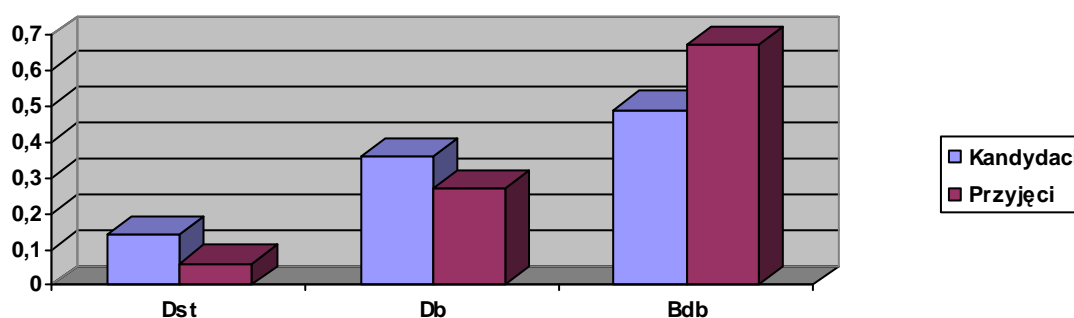
- płeć,
- rok ukończenia szkoły średniej,
- rodzaj szkoły średniej,
- oceny na świadectwie dojrzałości z biologii, fizyki, chemii i języka obcego,
- dotychczasowe starania o przyjęcie do akademii medycznych,
- praca po uzyskaniu świadectwa dojrzałości,
- liczba punktów uzyskanych na egzaminie wstępnym z biologii, fizyki, chemii i języka obcego,
- wynik rekrutacji.

Analiza była prowadzona dla kandydatów oraz przyjętych – w ramach poszczególnych akademii oraz łącznie. Wyniki analizy były przedstawione w postaci tabelarycznej, jak i graficznej – w sumie prawie na stu stronach formatu A4. Poniżej przedstawiono przykładowe wyniki:

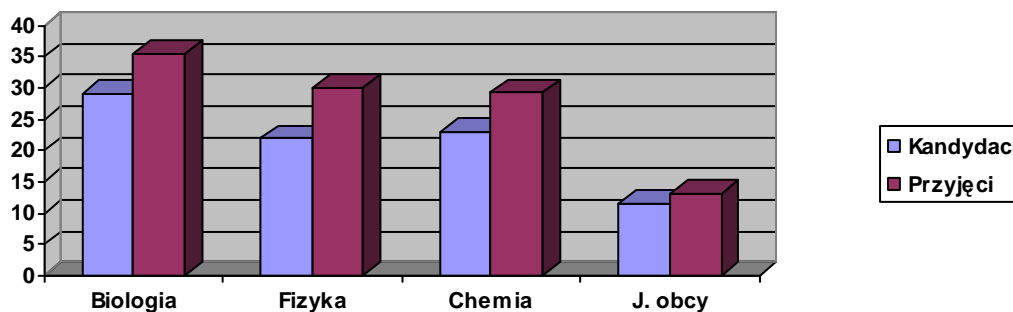
⁴ Proces obliczeniowy był realizowany w wymienionych etapach. Etapy 1 – 4 były realizowane bez znajomości danych personalnych kandydatów, ponieważ na kartach odpowiedzi był zakodowany numer identyfikacyjny kandydata (nadany w akademii medycznej), który był znany tylko jemu oraz zapisany łącznie z nazwiskiem i imieniem w pliku o bardzo ograniczonym dostępie.



Rysunek 1. Liczba kandydatów na miejsce w poszczególnych akademiach medycznych i łącznie



Rysunek 2. Oceny na świadectwie dojrzałości z biologii

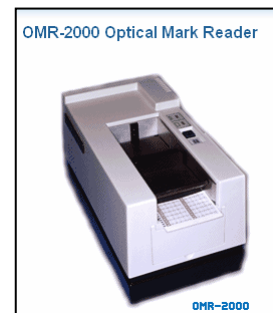


Rysunek 3. Średnie liczby punktów uzyskanych na egzaminie wstępnym do akademii medycznych

Zbudowane etapowo rozwiązanie było wykorzystywane przez kilka lat i docenione w liście z 18 lipca 1990 r. Dyrektora Departamentu Ministerstwa Zdrowia i Opieki Społecznej dr. n. med. Rałafa Niżankowskiego, w którym znalazły się m.in. oceny: „rzetelne przygotowanie techniczno-organizacyjne procesu komputerowego obliczania wyników testowych egzaminów wstępnych na akademie medyczne” oraz „wyjątkowo odpowiedzialne przedsięwzięcie zostało przeprowadzone sprawnie i terminowo”.

Zebrane wyniki egzaminu wstępnego oraz wyniki uzyskane podczas pierwszego roku studiów w jednej z akademii medycznych były podstawą rozprawy doktorskiej mgr. Włodzimierza Kuzaka, której byłem promotorem. Rozprawa dotyczyła możliwości prognozowania postępów na studiach w oparciu o wyniki egzaminu wstępnego. Wykorzystanym narzędziem prognozowania była wielowymiarowa analiza wariancji i analiza dyskryminacji.

Na początku 1991 r. opracowałem pakiet programów do obliczania egzaminów testowych na komputer typu IBM PC. Do wczytywania kart wykorzystywano czytnik kart firmy Chatsworth Data Corporation oraz karty tego producenta⁵. Pakiet ten, wraz z czytnikiem, stosowano przez kilka lat do obliczania egzaminów testowych w Akademii Medycznej w Warszawie. Pakiet został wyróżniony w listopadzie 1991 r. Indywidualną Nagrodą Dydaktyczną II stopnia Rektora Akademii Medycznej w Warszawie prof. dr. hab. Tadeusza Tołłoczko.



Od 1995 r. pakiet wraz z czytnikiem był wykorzystywany, po stosownych modyfikacjach, przez kilka lat do obliczania wyników egzaminów wstępnych na akademiach medycznych. Procesem obliczeniowym kierował dr Włodzimierz Kuzak.

Na bazie pakietu opracowałem program do testowego sprawdzania wiedzy podczas przewodu doktorskiego, w ramach egzaminu z informatyki medycznej i statystyki.

Czytelnicy powyższego tekstu, konfrontując ówczesne rozwiązania z aktualnie dostępnymi, mogą uświadomić sobie rozwój sprzętu komputerowego i oprogramowania, który nastąpił w ciągu ostatnich 20 lat.

Poniżej podano krótki opis podstawowych funkcji opracowanego oprogramowania.

Wprowadzanie prawidłowych odpowiedzi

Wprowadza się prawidłowe odpowiedzi na poszczególne pytania. Prawidłowe odpowiedzi zapisywane są w pliku o podawanej nazwie.

Wprowadzanie nazwisk i identyfikatorów

Dla ustalonych numerów osób podaje się nazwiska i imiona. Istnieje także możliwość wprowadzania do 5 identyfikatorów.

Wczytywanie wyników testu

Wczytywanie testu obejmuje odczyt z kart egzaminacyjnych:

- wykorzystywanych identyfikatorów,
- wersji testu,
- udzielonych odpowiedzi.

Wybieranie osób

Funkcję tę stosuje się przy konieczności dokonania analizy odpowiedzi wybranej części osób testowanych, możliwej do określenia w wypadku wykorzystywania dostępnych identyfikatorów. Każdy z warunków określony jest przez 3 liczby:

- numer wyróżnika;
- kod relacji, mogący przyjmować jedną z postaci:
mniejsze, mniejsze lub równe, równe, większe, większe lub równe, nierówne;
- wartość wyróżnika.

Wybieranie pytań

Wykorzystanie tej funkcji następuje w wypadku konieczności odrębnej oceny fragmentu egzaminu, np. w formie kilku egzaminów częściowych. Możliwe są dwa sposoby określania pytań, na które odpowiedzi są wybierane jako kolejne pytania; lub jako dowolne pytania.

⁵ Informację o tym czytniku otrzymałem od Pana Edwarda J. Sochaczewskiego-Corwina, Polaka mieszkającego w USA, wieloletniego pracownika firmy IBM, który stosował tę technologię do badania amerykańskiej opinii publicznej. Pan Sochaczewski udostępnił także do prób jeden egzemplarz czytnika.

Wczytanie prawidłowych odpowiedzi

Odczytanie z zewnętrznego nośnika prawidłowych odpowiedzi dla danego testu. Następuje to po zakończeniu udzielania odpowiedzi przez wszystkich zdających egzamin testowy.

Ocena odpowiedzi

Dla kolejnych pytań oblicza się procenty udzielonych poszczególnych odpowiedzi. Wyniki w tym zakresie mogą być także otrzymane w postaci graficznej, w formie wykresów słupkowych lub kołowych z wyróżnieniem odpowiedzi prawidłowej.

Analiza testu

Analizy rzetelności testu dokonuje się, obliczając dla każdego pytania procenty poszczególnych odpowiedzi, łatwość pytania oraz współczynnik korelacji punktowo-dwuseryjnej. Dla całego testu oblicza się m.in. najlepszy i najgorszy wynik, łatwość, średnią i odchylenie standardowe, współczynnik 20 Kudara-Richardsona oraz rozkład liczby uzyskanych punktów.

Eliminacja pytań

Dla wybranych pytań, m.in. na podstawie analizy testu, zamienia się dla wszystkich osób udzielone odpowiedzi na prawidłowe.

Obliczanie liczby punktów

Dla każdej osoby oblicza się liczbę odpowiedzi pokrywających się z odpowiedziami prawidłowymi oraz dodatkowo numery pytań, na które została udzielona odpowiedź błędna. Oceniana jest normalność rozkładu liczby punktów. Istnieje możliwość graficznego przedstawienia liczby punktów uzyskanych przez poszczególne osoby.

Ustalanie granic punktowych dla ocen

Wstępnie wybiera się jedną z dwóch skal ocen: cztero- lub sześciostopniową. Następnie wybiera się jeden z trzech sposobów ustalania granic: w oparciu o średnią i odchylenie standardowe, w oparciu o centyle lub arbitralnie. Dla wybranego sposobu obliczane są liczby i procenty osób uzyskujących możliwe oceny. Proces ten prowadzony jest do momentu uzyskania akceptowanych granic.

Tworzenie listy imiennej

Funkcja ta wykorzystuje zbiory: nazwisk, uzyskanych punktów i wyznaczonych granic. Dla każdej osoby podawany jest numer, nazwisko i imię, liczba punktów, ocena i miejsce w grupie zdających. Zwraca się uwagę, że następuje to po zakończeniu udzielania odpowiedzi przez wszystkich zdających egzamin testowy.