

L. ZUBRZYCKA (Wrocław)

*O KŁAWIATURZE MASZYNY DO PISANIA  
DOSTOSOWANEJ DO JĘZYKA POLSKIEGO*

**§ 1. Wstęp.** W pracy [2] podjęłam badania nad projektem dogodnej klawiatury maszyny do pisania. Ich celem ostatecznym było opracowanie klawiatury zapewniającej możliwość szybkiego nauczania się rytmicznego i wygodnego pisania tekstów polskich. Przyjęty układ postulatów (por. [2], str. 421,  $P'_1$ - $P'_6$ ), miał doprowadzić do osiągnięcia celu. Postulaty te pochodzące od F. Kotasa, sformułowane zostały na podstawie badań nad biegłością różnych typów uderzeń. Zaproponowałam klawiaturę spełniającą postulaty  $P'_1$ - $P'_6$  i nazwałam ją klawiaturą optymalną. Jest ona pokazana na rysunku 2 w pracy [2].

Po ukończeniu tej pracy napisałam na maszynie z klawiaturą optymalną, metodą dziesięciopalcową, ponad pół tysiąca stron. Podczas pisania dały się wyczuć pewne niepożądane efekty. Okazało się, że są wyraźne różnice w dogodności różnych uderzeń naprzemiennych. A uderzenia naprzemienne stanowią 80% wszystkich uderzeń. Postulaty  $P'_2$ - $P'_4$  z [2] wyznaczające rozkład liter po lewej i prawej stronie klawiatury dotyczą tylko uderzeń jednostronnych. Tych zaś jest tylko 20%. W rezultacie dało to duży procent niedogodnych uderzeń naprzemiennych, a także bardzo niesymetryczne obciążenie palców.

W niniejszej pracy, po szczegółowym omówieniu wad postulatów  $P'_1$ - $P'_6$  z pracy [2] (§ 2) formułuję inny układ postulatów dotyczących uporządkowania liter po obu stronach klawiatury (§ 3); omawiam sposób zrealizowania tych postulatów na podstawie tablicy częstości par sąsiednich znaków pisarskich (§ 4); wyznaczam nową klawiaturę (§ 5) i porównuję ją z wcześniejszymi projektami klawiatur omawianymi w pracy [2] (§ 6). W § 7 podaję częstości uderzeń naprzemiennych uzyskiwane na wspomnianych wyżej klawiaturach przy pisaniu tekstu angielskiego.

**§ 2. Krytyka postulatów F. Kotasa.** Postulat  $P'_1$  (por. [2], str. 421) zmaksymizowania częstości uderzeń naprzemiennych jest zapewne słuszny, z tym się zgadzają wszyscy projektanci klawiatur. Budzą natomiast wątpliwości postulaty  $P'_2$ - $P'_4$  dotyczące uderzeń jednostronnych. Kła-

syfikacja uderzeń według wygody pisania, na której oparte są postulaty F. Kotasa, jest zbyt gruba. Wszystkie uderzenia naprzemienne uważane są tam za jednakowo dogodne, niezależnie od tego, w które klawisze się uderza. To samo dotyczy uderzeń tym samym palcem (postulat  $P'_6$ ). A tak nie jest. Oto moje uwagi o dogodności różnych uderzeń.

1° Najdogodniejsze są uderzenia naprzemienne palcami wskazującymi w klawisze dalsze od środka klawiatury. Ale niedogodne i nawet powiedziałabym nieeleganckie są uderzenia naprzemienne palcami wskazującym i małym, a takich uderzeń w klawiaturze optymalnej jest dużo (*może, maże, miła, mała, złom* itd.). Dogodnie i elegancko się pisze, gdy na przemian uderzamy jednoimiennymi palcami; gdy po uderzeniu palcem wskazującym jednej ręki następuje uderzenie palcem wskazującym drugiej ręki, po uderzeniu palcem środkowym następuje uderzenie palcem środkowym itd.

2° Przy pisaniu na maszynie z klawiaturą optymalną wyczuwa się dużą częstość uderzeń tym samym palcem, zwłaszcza dla palców wskazujących (por. tabl. 3). Uderzenia tym samym palcem są dość dogodne, gdy uderzamy w bliskie klawisze. Natomiast uderzenia w klawisze, z których jeden jest w rzędzie I, a drugi w III, wytwarzają zahamowania i uniemożliwiają rytmiczne pisanie. To jest efekt niepożądany. Takich uderzeń w klawiaturze optymalnej jest wiele (*tw, st, sk, pe, pa, za, ze* itd.). Winę za to ponosi postulat  $P'_6$ , ponieważ wszystkie uderzenia tym samym palcem uważa za jednakowo dogodne i umieszcza znaki pisarskie w poszczególnych rzędach klawiszy według ich częstości, zaniedbując częstości par sąsiednich znaków.

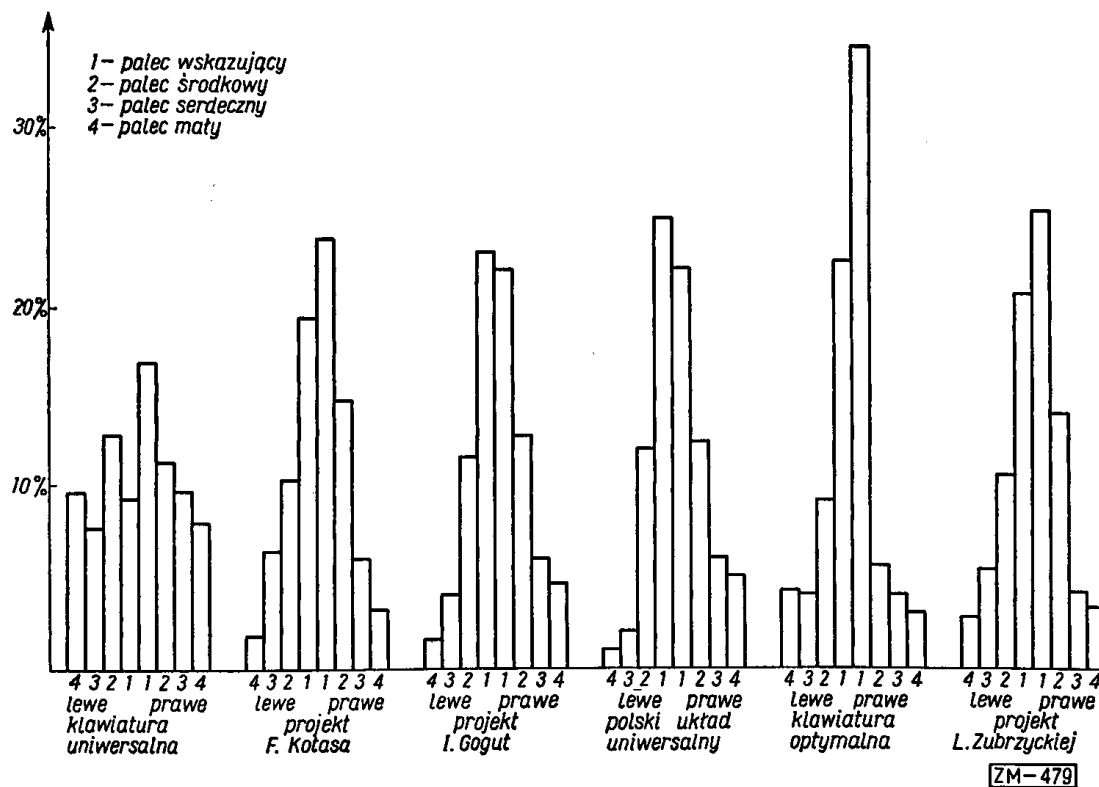
3° Obciążenie pracą poszczególnych palców, które otrzymaliśmy w wyniku realizacji postulatów  $P'_1$ - $P'_6$ , jest niesymetryczne i nieproporcjonalne do siły i ruchliwości palców.

Jak to niefortunnie wypadło w klawiaturze optymalnej i jak są rozłożone obciążenia w innych klawiaturach — pokazuje tablica 3 i rysunek 1.

W klawiaturze optymalnej prawy palec wskazujący wykonuje trzecią część całej pracy, co jest na pewno przesadą. Palec środkowy prawy jest za mało obciążony, a to jest palec ruchliwy i silny. Palce prawe serdeczny i mały są obciążone tak samo. Niesłusznie, bo mały palec obsługuje jeszcze klawisz ze zmianą rejestru, co nie zostało w tej pracy uwzględnione. Mały palec lewy jest obciążony bardziej niż serdeczny, też niesłusznie.

Aby otrzymać klawiaturę bez takich wad, uważam, że należy maksymizować stopniowo uderzenia naprzemienne według dogodności podanej w 1°, a mianowicie maksymizować uderzenia naprzemienne palcami wskazującymi, następnie uderzenia naprzemienne palcami środkowymi i wreszcie uderzenia naprzemienne palcami serdecznymi. Aby rozładować

duże obciążenie palców wskazujących proponuję najpierw maksymizować uderzenia naprzemiennie palcami wskazującymi w klawisze dalsze od środka klawiatury, następnie maksymizować uderzenia naprzemiennie palcami środkowymi, potem uderzenia naprzemiennie palcami wskazującymi w klawisze bliższe środka klawiatury i na końcu zmaksymizować uderzenia naprzemiennie palcami serdecznymi.



Rys. 1

To postępowanie przydzielające litery poszczególnym palcom na podstawie uderzeń naprzemiennych, które stanowią 80% wszystkich uderzeń, doprowadzi do lepszego rozłożenia obciążeń palców oraz zapewni większą częstość dogodnych uderzeń naprzemiennych.

Maksymizując uderzenia jednostronne w bliskie klawisze znacznie zmniejszymy częstości niedogodnych uderzeń tym samym palcem i uderzeń różnymi palcami w odległe od siebie klawisze.

### § 3. Nowy układ postulatów. A oto proponowany układ postulatów:

- $P_1$  — Zwiększyć do maksimum częstość uderzeń naprzemiennych.
- $P_2$  — Pod warunkiem  $P_1$  zwiększyć do maksimum częstość uderzeń naprzemiennych palcami wskazującymi w klawisze dalsze od środka klawiatury.
- $P_3$  — Pod warunkami  $P_1$  i  $P_2$  zwiększyć do maksimum częstość uderzeń naprzemiennych palcami środkowymi.

- $P_4$  — *Pod warunkami  $P_1$ - $P_3$  zwiększyć do maksimum częstość uderzeń naprzemiennych palcami wskazującymi w klawisze bliższe środka klawiatury.*
- $P_5$  — *Pod warunkami  $P_1$ - $P_4$  zwiększyć do maksimum częstość uderzeń naprzemiennych palcami serdecznymi.*
- $P_6$  — *Prawą rękę obciążyć bardziej niż lewą.*
- $P_7$  — *Pod warunkami  $P_1$ - $P_6$  maksymizować uderzenia jednostronne w sąsiednie klawisze.*

Klawiszem sąsiednim do danego będę nazywała klawisz z tego samego lub sąsiedniego rzędu uderzany tym samym lub sąsiednim palcem.

Postulaty  $P_1$ - $P_5$  i  $P_7$  uważam za zasadnicze, a postulat  $P_6$  za możliwy do przyjęcia w celu jednoznacznego wyznaczenia klawiatury. Postulaty  $P_1$ - $P_7$  przyjmę jako nowe kryterium optymalności i zaproponuję klawiaturę, która będzie je realizowała.

**§ 4. Realizacja postulatów  $P_2$ - $P_5$ .** W paragrafie 3 pracy [2] opisałam jak realizować postulat  $P_1$ . Do realizacji postulatów  $P_2$ - $P_5$  użyję metody opisanej w § 4 pracy [2], odpowiednio zmodyfikowanej.

Zamiast porządkować ćwiartkę pierwszą i czwartą tablicy  $T^*$  (por. [2], str. 430) muszę teraz odpowiednio uporządkować ćwiartkę drugą i trzecią tablicy  $T^*$ , lub tylko drugą tablicy symetrycznej, oznaczę ją przez  $T_s^*$ , którą otrzymam z tablicy  $T^*$  pisząc  $(q_{ik} + q_{ki})$  zamiast  $q_{ik}$ .

Założmy, że alfabet składa się z 30 liter i wobec tego tablica  $T^*$  ma 30 kolumn i 30 wierszy. Ponumeruję kolumny i wiersze tej tablicy od 1 do 30, i przydzielę je odpowiednio palcom ręki lewej i prawej w ten sposób, że kolumny o numerach

- 1, 2, 3 — przydzielę palcowi małemu lewemu,
- 4, 5, 6 — przydzielę palcowi serdecznemu lewemu,
- 7, 8, 9 — przydzielę palcowi środkowemu lewemu,
- 10, 11, 12 — przydzielę palcowi wskazującemu lewemu z przeznaczeniem dla klawiszy dalszych od środka klawiatury,
- 13, 14, 15 — przydzielę palcowi wskazującemu lewemu dla klawiszy bliższych środka klawiatury,
- 16, 17, 18 — przydzielę palcowi wskazującemu prawemu dla klawiszy bliższych środka klawiatury,
- 19, 20, 21 — przydzielę palcowi wskazującemu prawemu dla klawiszy dalszych od środka klawiatury,
- 22, 23, 24 — przydzielę palcowi środkowemu prawemu,
- 25, 26, 27 — przydzielę palcowi serdecznemu prawemu,
- 28, 29, 30 — przydzielę palcowi małemu prawemu.

Każda kolumna tablicy  $T_s^*$  odpowiada jakiejś literze alfabetu.

Aby zrealizować postulat  $P_2$ , należy tak przestawić kolumny i odpo-

wiednie wiersze tablicy  $T_s^*$ , zachowując podział liter na dwie grupy dla ręki lewej i prawej, żeby suma wyrazów stojących na przecięciu kolumn 19, 20, i 21 i wierszy 10, 11, 12 osiągnęła maksimum, to znaczy, żeby prawdopodobieństwo uderzeń naprzemiennych palcami wskazującymi w klawisze dalsze od środka klawiatury było największe. Dla realizacji postulatu  $P_s$  należy, zachowując podział liter na grupy, tak przestawić kolumny i wiersze pozostałe po odrzuceniu kolumn i wierszy już uporządkowanych (kolumn 19, 20 i 21 i wierszy 10, 11, 12), by suma wyrazów stojących na przecięciu kolumn 22, 23, 24 i wierszy 7, 8, 9 osiągnęła maksimum. Następnie maksymalizujemy pod analogicznymi warunkami sumę wyrazów stojących na przecięciu kolumn 16, 17, 18 i wierszy 13, 14, 15. A w końcu pozostałe 6 kolumn i 6 wierszy tak przestawiamy, żeby suma wyrazów stojących na przecięciu kolumn 25, 26, 27 i wierszy 4, 5, 6 była największa. To postępowanie wyznaczy nam przydział liter dla poszczególnych palców.

Założyliśmy, że alfabet składa się z 30 liter i założmy jeszcze, że mamy 30 klawiszy po 15 dla każdej ręki.

Zadanie nasze można inaczej wypowiedzieć tak: w drugiej ćwiartce tablicy  $T_s^*$  wiersze odpowiadają literom przydzielonym ręce lewej, a kolumny literom przydzielonym ręce prawej. Chcę tak wybrać 3 litery z jednej i 3 litery z drugiej grupy, żeby suma częstości par liter pochodzących z różnych grup była największa. Można to zrobić na  $\binom{15}{3}^2 = 207025$  różnych sposobów.

Podam metodę, jak można szybko wybrać najlepsze trójki nie sprawdzając wszystkich możliwych kombinacji.

Dla liter przydzielonych ręce lewej (dla 15 pierwszych wierszy tablicy  $T_s^*$ ) obliczę wyrażenia

$$(4.1) \quad W_i^I = \max^{(3)}(q_{i,n+1}, \dots, q_{i,2n}), \quad i = 1, 2, \dots, n.$$

(Przez  $\max^{(k)}(a_1, \dots, a_n)$  oznaczam sumę  $k$  największych wyrazów spośród  $a_1, \dots, a_n$ .)

Dla liter przydzielonych prawej ręce obliczę wyrażenia

$$(4.2) \quad W_j^{II} = \max^{(3)}(q_{j,1}, \dots, q_{j,n}), \quad j = n+1, \dots, 2n.$$

Następnie obliczę jeszcze dwa wyrażenia

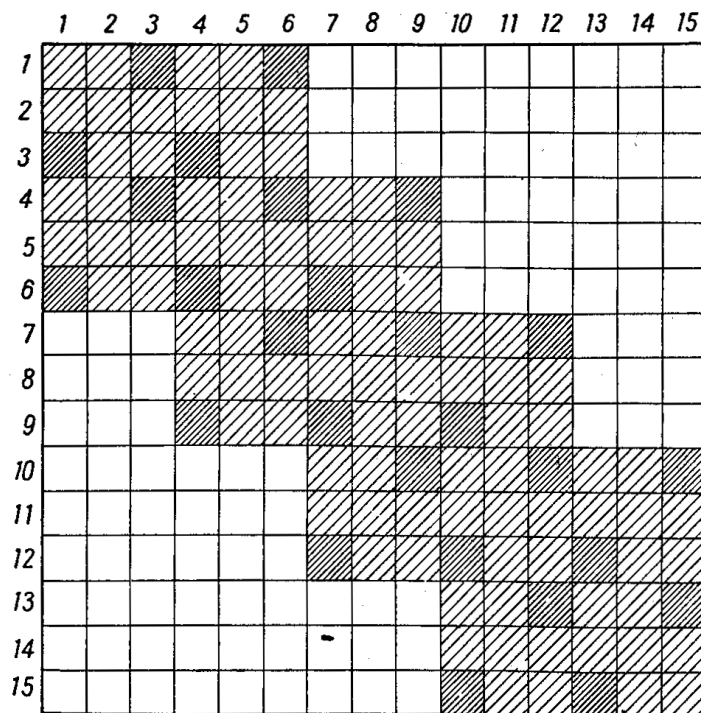
$$S_I = \max^{(3)}(W_1^I, \dots, W_n^I), \quad S_{II} = \max^{(3)}(W_{n+1}^{II}, \dots, W_{2n}^{II})$$

i wezmę  $\min(S_I, S_{II})$ . Ta liczba szacuje z góry szukane maksimum. Założmy, że  $S_{II} < S_I$ , i niech

$$S_{II} = W_{n_1}^{II} + W_{n_2}^{II} + W_{n_3}^{II},$$

co oznacza, że do sumy  $S_{II}$  weszły wyrażenia (4.2) odpowiadające kolumnom  $n_1, n_2$  i  $n_3$ . Sumuję wiersze tych trzech kolumn i wybieram trzy wiersze odpowiadające trzem największym sumom. Niech to będą wiersze  $n_4, n_5, n_6$ . Sumę wyrazów stojących na przecięciu kolumn  $n_1, n_2, n_3$  i wierszy  $n_4, n_5, n_6$  oznaczam przez  $S$ . Ta liczba szacuje z dołu szukane maksimum. Jeśli  $S = S_{II}$ , to już mam optymalne uporządkowanie. Jeśli nie, to  $S < S_{II}$  i wówczas postępuję następująco. Wyrażenia (4.2) porządkuję nierosnąco i do sprawdzenia biorę tylko takie trójki liter, dla których suma odpowiadających im wyrazów (4.2) jest większa od  $S$ . Trójki spełniające ten warunek wybieram według postępowania opisanego w § 4 pracy [2]. Przy porządkowaniu tablicy 3 z pracy [2] dla realizacji postulatów  $P_2$ - $P_5$  zamiast wszystkich  $\binom{15}{3}^2 + \binom{12}{3}^2 + \binom{9}{3}^2 + \binom{6}{3}^2 = 262881$  prób wystarczyło zrobić tylko 17.

**§ 5. Realizacja postulatu  $P_7$ .** Po przydzieleniu liter poszczególnym palcom (dla palca wskazującego otrzymamy dwie trójki dla klawiszy bliższych i dalszych od środka klawiatury) pozostaje nam tylko przydzielić



ZM-480

Rys. 2

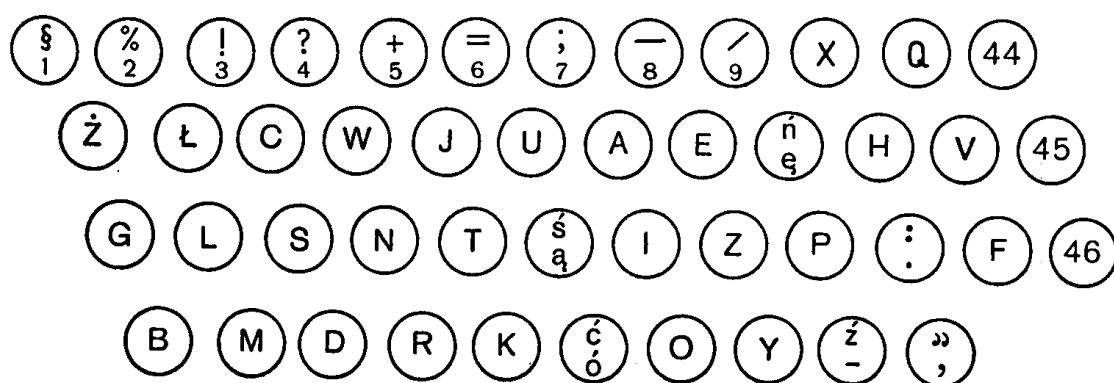
litery poszczególnym klawiszom. Postulat  $P_7$  zaleca maksymizować częstości uderzeń jednostronnych w sąsiednie klawisze, co jest równoważne ze zminimalizowaniem uderzeń w klawisze rzędu I i III tym samym

palcem i sąsiednimi palcami. A to nie jest trudne zadanie, co widać z rysunku 2.

Ponumerujmy klawisze literowe po jednej stronie klawiatury od 1 do 15. Np. klawisze po lewej stronie klawiatury przedstawionej na rys. 3 w następującej kolejności: J T K W N R C S D Ł L M Ż G B. Tablica przedstawiona na rysunku 2 zawiera 15 kolumn i 15 wierszy. Każdy wiersz i każda kolumna tej tablicy odpowiada jednemu z 15 klawiszy. Na skrzyżowaniu  $i$ -tego wiersza z  $j$ -tą kolumną napiszmy częstość uderzeń  $i, j$ . Na rysunku 2 pola zakreskowane pojedynczo odpowiadają parom sąsiednich klawiszy, pola zakreskowane podwójnie odpowiadają parom klawiszy przydzielonych temu samemu lub sąsiednim palcom, z których jeden jest w rzędzie I a drugi w III. Pola białe odpowiadają parom klawiszy nie sąsiadujących ze sobą.

Po zrealizowaniu postulatów  $P_1$ - $P_6$  mamy litery podzielone na trójki i przydzielone poszczególnym palcom. Aby zrealizować postulat  $P_7$ , należy znaleźć takie przyporządkowanie każdej trójki liter przeznaczonym dla niej klawiszom, żeby suma wyrazów tablicy umieszczonych na polach zakreskowanych podwójnie osiągnęła minimum. Wypróbowanie wszystkich możliwości jest zadaniem wykonalnym. Dla konkretnej tablicy częstości już po wykonaniu kilkudziesięciu prób można być praktycznie pewnym, że minimum zostało osiągnięte.

**§ 6. Nowy projekt klawiatury.** Wykorzystując statystykę częstości par sąsiednich znaków pisarskich (por. tabl. 3 w [2]) zaprojektowałam nową klawiaturę spełniającą układ postulatów  $P_1$ - $P_7$ .



ZM-481

Rys. 3

Klawiszom maszyny do pisania przydzieliłam znaki pisarskie w następujący sposób: klawisze z cyframi od 1 do 9 w IV rzędzie pozostawiłam jak w klawiaturze uniwersalnej. Z rzędów I, II, III wzięłam po 10 pierwszych klawiszy i przydzieliłam im 30 najczęstszych znaków pisarskich

metodą opisaną w § 3 pracy [2] i w § 4 niniejszej pracy. Wśród tych 30 znaków 24 zajmują cały klawisz, a 6 pół klawisza. Pozostałe litery zajmujące cały klawisz umieściłam na wolnych klawiszach pod małym palcem prawej ręki. Pozostałe znaki pisarskie: „ś”, „é”, „ñ”, „ż”, „:” i „...” umieściłam tak, żeby znaki pisarskie z częstych par tej szóstki były na klawiaturze blisko siebie i jak najbliżej środka klawiatury. Klawiatura ta, nazwałam ją projektem L. Zubrzyckiej, przedstawiona jest na rysunku 3.

Projekt L. Zubrzyckiej porównałam z wcześniejszymi projektami przedstawionymi w pracy [2] na rys. rys. 2, 3, 4, 5 i 6. W tablicy 1 i 2 podano w procentach częstości różnych typów uderzeń policzone dla tych klawiatur. W tablicy 3 i na rysunku 1 podano obciążenia palców, częstości odstępów między wyrazami i przeniesień do nowego wiersza obliczone na podstawie tablicy 3 z pracy [2].

Projekt L. Zubrzyckiej ma prawdopodobieństwo uderzeń naprzemiennych takie jak klawiatura optymalna, natomiast ma lepiej rozłożone obciążenia palców oraz większe częstości dogodnych uderzeń. Obciążenie palców jest co najmniej tak dobre jak w projekcie Ireny Gogut, w którym racjonalne obciążenie palców było niemal jedynym postulatem (por. [1], str. 437). Co prawda były badane również częstości par sąsiednich znaków pisarskich, ale tylko w tym celu, aby nie umieścić częstych par na sąsiednich dźwigniach.

TABLICA 1

Częstości różnych typów uderzeń naprzemiennych (w procentach)

L. p.	układy typy uderzeń	klawia- tura uni- wer- salna	projekt F. Ko- tasa	projekt Ireny Gogut	polski układ uni- wer- salny	klawia- tura opty- malna	projekt Lud- miły Zub- rzy- ckiej
	I. Uderzenia palcami:						
1.	wskazującymi w klawisze dalsze od środka klawiatury	0,25	4,38	3,89	3,87	6,23	9,29
2.	wskazującymi w klawisze bliższe środka klawiatury	0,47	0,80	2,16	4,29	6,01	1,62
3.	lewym wskazującym w klawisze bliższe środka klawiatury i prawym wskazującym w klawisze dalsze od środka klawiatury	0,93	3,04	2,30	3,57	4,89	4,53



ciąg dalszy tablicy 1

L. p.	układy typy uderzeń	klawia- tura uni- wer- salna	projekt F. Ko- tasa	projekt Ireny Gogut	polski układ uni- wer- salny	klawia- tura opty- malna	projekt Lud- miły Zub- rzyć- kiej
4.	lewym wskazującym w kla- wisze dalsze od środka kla- wiatury i prawym wskazują- cym w klawisze bliższe środ- ka klawiatury	0,54	0,76	1,69	2,74	4,30	1,53
5.	wskazującym lewym i środ- kowym prawym	1,33	6,95	5,85	5,42	3,02	7,48
6.	środkowym lewym i wskazu- jącym prawym	7,68	4,95	7,36	5,60	8,90	7,28
7.	środkowymi	3,84	2,98	3,75	2,23	1,50	5,51
8.	wskazującym lewym i ser- decznym prawym	2,93	2,94	3,16	2,26	1,70	1,58
9.	serdecznym lewym i wskazu- jącym prawym	1,35	5,04	3,37	0,55	3,96	5,34
10.	serdecznym lewym i środko- wym prawym	1,86	2,64	0,84	0,56	0,32	1,95
11.	środkowym lewym i serdecz- nym prawym	2,45	1,83	1,63	2,06	1,37	1,02
12.	serdecznymi	2,07	0,96	0,37	0,21	0,70	0,25
13.	wskazującym lewym i ma- łym prawym	2,23	1,39	2,31	2,37	1,68	0,47
14.	środkowym lewym i małym prawym	1,68	0,35	1,38	1,26	1,59	0,87
15.	serdecznym lewym i małym prawym	1,44	0,30	0,20	0,14	0,29	0,10
16.	małym lewym i wskazuja- cym prawym	5,22	1,19	0,47	0,26	4,37	2,26
17.	małym lewym i środkowym prawym	1,65	0,74	0,86	0,49	0,82	1,26
18.	małym lewym i serdecznym prawym	0,99	0,43	0,09	0,06	0,53	0,07
19.	małymi	1,48	0,14	0,24	0,19	0,28	0,05
II. Uderzenia, w skład któ- rych wchodzi odstęp między wyrazami		23,88	23,88	23,88	23,88	23,88	23,88
III. Uderzenia, w skład któ- rych wchodzi przeniesienie do nowego wiersza		3,51	3,51	3,51	3,51	3,51	3,51

TABLICA 2

Częstości różnych typów uderzeń jednostronnych (w procentach)

L. p.	układy typy uderzeń	klawia- tura uni- wer- salna	projekt F. Ko- tasa	projekt Ireny Gogut	polski układ uni- wer- salny	klawia- tura opty- malna	projekt Lud- miły Zub- rzyć- kiej
1.	tym samym palcem wskazującym lewym	0,55	2,48	5,58	5,50	3,97	2,11
2.	tym samym palcem środkowym lewym	1,14	0,59	0,48	1,73	0,54	0,12
3.	tym samym palcem serdecznym lewym	0,28	0,14	0	0	0,15	0,01
4.	tym samym palcem małym lewym	0	0	0	0	0,02	0
5.	palcami wskazującym i środkowym (lewe)	2,04	5,91	5,09	5,99	1,26	3,49
6.	palcami wskazującym i serdecznym (lewe)	1,53	1,35	1,35	1,28	0,71	0,75
7.	palcami wskazującym i małym (lewe)	3,09	0,29	0,85	0,39	0,56	0,44
8.	palcami środkowym i serdecznym (lewe)	0,91	0,11	0,52	0,45	0,21	0,33
9.	palcami środkowym i małym (lewe)	2,31	0,02	0,15	0,46	0,18	0,12
10.	palcami serdecznym i małym (lewe)	2,24	0,03	0,19	0	0,08	0,22
11.	tym samym palcem wskazującym prawym	1,59	5,43	2,33	4,90	7,71	2,12
12.	tym samym palcem środkowym prawym	0,99	1,61	0,92	1,71	0,26	1,62
13.	tym samym palcem serdecznym prawym	0,42	0,18	0,09	0,14	0,14	0,05
14.	tym samym palcem małym prawym	0,42	0,04	0,29	0,30	0	0,22
15.	palcami wskazującym i środkowym (prawe)	4,63	7,84	5,89	4,56	1,75	3,97
16.	palcami wskazującym i serdecznym (prawe)	2,86	2,37	1,96	1,41	1,42	2,39
17.	palcami wskazującym i małym (prawe)	1,43	0,71	2,02	2,27	0,75	1,00
18.	palcami środkowym i serdecznym (prawe)	2,38	0,58	1,70	1,77	0,22	0,57
19.	palcami środkowym i małym (prawe)	1,37	0,78	0,76	1,34	0,20	0,49
20.	palcami serdecznym i małym (prawe)	2,04	0,33	0,52	0,28	0,02	0,13

TABLICA 3

Częstości uderzeń poszczególnymi palcami, odstępów między wyrazami i przeniesień do nowego wiersza (w procentach)

L. p.	układ czynność	klawia- tura uni- wer- salna	projekt F. Ko- tasa	projekt Ireny Gogut	polski układ uni- wer- salny	klawia- tura op- ty- malna	projekt Lud- miły Zub- rzye- kiej
1.	uderzenie palcem małym lewym	9,82	1,80	1,58	1,08	4,17	2,71
2.	uderzenie palcem serdecznym lewym	7,75	6,50	4,12	2,22	3,80	5,26
3.	uderzenie palcem środkowym lewym	13,06	10,65	11,94	12,18	9,19	10,87
4.	uderzenie palcem wskazującym lewym	9,31	19,37	23,14	24,78	22,39	20,72
5.	uderzenie palcem wskazującym prawym	16,83	23,82	22,02	22,66	34,21	25,37
6.	uderzenie palcem środkowym prawym	11,50	14,96	12,79	12,49	5,60	13,96
7.	uderzenie palcem serdecznym prawym	9,88	6,00	5,92	5,83	3,85	4,15
8.	uderzenie palcem małym prawym	8,15	3,19	4,79	5,06	3,09	3,26
9.	uderzenie odstępu między wyrazami	11,94	11,94	11,94	11,94	11,94	11,94
10.	przeniesienie do nowego wiersza	1,76	1,76	1,76	1,76	1,76	1,76

### § 7. O dokładności oszacowania prawdopodobieństw różnych uderzeń.

Prawdopodobieństwo uderzeń naprzemiennych, obliczone na podstawie zaobserwowanych częstości par znaków jest w klawiaturze uniwersalnej równe 67,775%, a w projekcie L. Zubrzyckiej 79,845%. Pozostaje do rozstrzygnięcia wątpliwość, czy ten wynik nie jest przypadkowy. Gdyby nie było zależności w następstwie liter w tekście, to średni kwadratowy błąd oszacowania prawdopodobieństwa naprzemienności można byłoby obliczyć z wzoru Bernoulliego  $\sigma = \sqrt{pq/n}$ . Ale wiadomo, że taka zależność istnieje. Ta zależność może zarówno zwiększyć jak i zmniejszyć błąd oszacowania w porównaniu z tym, co wynika z wzoru Bernoulliego. A jednak uważam, że tego wzoru można użyć, bo jak widać z tablicy 4, w której podane są prawdopodobieństwa naprzemienności dla różnych klawiatur, policzone na podstawie dwóch różnych próbek tekstu polskiego (tekst I i tekst II) zaobserwowana rozbieżność zgadza się z tym, co wy-

TABLICA 4

Prawdopodobieństwo naprzemienności (w procentach)

układ na podstawie	klawia- tura uniwer- salna	projekt F. Ko- tasa	projekt Ireny Gogut	polski układ uniwer- salny	klawia- tura opty- malna	projekt Ludmiły Zub- rzyckiej
tekstu I	68,05	69,03	69,13	65,96	79,95	79,95
tekstu II	67,51	69,39	69,49	65,08	79,75	79,75
tekstu angielskiego	69,45	73,10	70,75	64,20	80,25	80,25

nika z obliczeń przeprowadzonych na podstawie wzoru Bernoulliego. Dla danego  $n$  wzór Bernoulliego daje największą wartość błędu  $\sigma$  przy  $p = 1/2$  i to wynosi 0,5% dla  $n = 10000$ . A różnice prawdopodobieństw dla tej samej klawiatury obliczone na podstawie dwóch różnych próbek nie przekraczają 1%. Wobec tego użyję wzoru Bernoulliego do oszacowania błędu innych prawdopodobieństw.

Rozpatrzmy następujący podział uderzeń na 5 klas.

Do klasy I zaliczmy wszystkie uderzenia naprzemienne, w których biorą udział tylko palce wskazujące i środkowe (por. tabl. 1, 1.-7.).

Do klasy II zaliczmy uderzenia naprzemienne nie należące do klasy I, w których nie biorą udziału palce małe (por. tabl. 1, 8.-12.).

Do klasy III zaliczmy pozostałe uderzenia naprzemienne (por. tabl. 1, 13.-19.).

Do klasy IV zaliczmy uderzenia jednostronne.

Do klasy V zaliczmy uderzenia, w skład których wchodzi odstęp między wyrazami lub przeniesienie do nowego wiersza.

Najdogodniejsze są uderzenia klasy I, dość dogodne są uderzenia klasy II. Spośród uderzeń naprzemiennych najmniej dogodne są uderzenia klasy III. Uderzenia jednostronne są na pewno mniej dogodne niż uderzenia naprzemienne. Uderzenia klasy V występują z tą samą częstością we wszystkich klawiaturach.

TABLICA 5

Częstości uderzeń poszczególnych klas (w procentach)

układ klasa	klawia- tura uniwer- salna	projekt F. Ko- tasa	projekt Ireny Gogut	polski układ uniwer- salny	klawia- tura opty- malna	projekt Ludmiły Zub- rzyckiej
I	15,03	23,86	27,00	27,72	34,85	37,24
II	10,66	13,42	9,37	5,64	8,05	10,14
III	14,69	4,54	5,55	4,77	9,56	5,08
IV	32,23	30,79	30,69	34,48	20,15	20,15
V	27,39	27,39	27,39	27,39	27,39	27,39

W tablicy 5 podano w procentach częstości uderzeń różnych klas. Z tablicy tej widać, że projekt L. Zubrzyckiej jest wyraźnie lepszy od pozostałych. Np. uderzeń klasy I jest o 10% więcej niż w innych projektach (z wyjątkiem klawiatury optymalnej), a uderzeń klasy IV jest o 10% mniej. Różnice te są istotne, gdyż wzór Bernoulliego pokazuje, że frakcje przedstawione w tablicy 5 można uważać za oszacowane z błędem standardowym nie przekraczającym 0,4%.

**§ 8. O częstości uderzeń naprzemiennych przy pisaniu tekstów angielskich na różnych klawiaturach.** Częstości uderzeń naprzemiennych dla klawiatur podanych w tablicy 4 policzono również dla języka angielskiego. Wykorzystano w tym celu statystykę częstości par sąsiednich znaków pisarskich w języku angielskim, którą opracowano według tych samych zasad, jak statystykę dla języka polskiego (por. [2], § 5, str. 431) na podstawie próbki liczącej 4000 znaków pisarskich wziętej z gazety „The New York Times” International Edition VOL. CXIII... No 38.779 Paris, Friday, March 27, 1964. Wyniki zapisano w ostatnim wierszu tablicy 4.

Klawiatura używana obecnie w Anglii różni się od klawiatury uniwersalnej tylko zamianą liter Y i Z, i dla niej prawdopodobieństwo naprzemienności wynosi 69,25%. Spośród wszystkich klawiatur wymienionych w tablicy 4 najbardziej przydatną dla języka angielskiego okazała się klawiatura L. Zubrzyckiej. Zwiększa ona prawdopodobieństwo naprzemienności o ponad 10%. Znalezione również dla języka angielskiego taki podział liter na dwie grupy, dla którego prawdopodobieństwo naprzemienności jest największe. Wynosi ono 80,95%, a klawiaturę odpowiadającą temu podziałowi otrzymuje się z klawiatury L. Zubrzyckiej przez przeniesienie liter P, V na lewą stronę klawiatury a liter G, J na prawą stronę.

#### Prace cytowane

[1] I. Gogut, *Znormalizowany układ klawiatury w maszynach do pisania*, *Ekonomika i Organizacja Pracy* 9 (1951), str. 436-439.

[2] L. Zubrzycka, *O dostosowywaniu klawiatury maszyny do pisania do struktury języka*, *Zastosowania Matematyki* 6 (1963), str. 419-439.

DZIAŁ ZASTOSOWAŃ PRZYRODNICZYCH, GOSPODARCZYCH I TECHNICZNYCH  
INSTYTUTU MATEMATYCZNEGO PAN, WROCŁAW

*Praca wpłynęła 16. 12. 1964*

---

Л. ЗУБЖИЦКА (Вроцлав)

*О КЛАВИАТУРЕ ПИШУЩЕЙ МАШИНКИ ПРИСПОСОБЛЕННОЙ  
К ПОЛЬСКОМУ ЯЗЫКУ*

РЕЗЮМЕ

В работе сделаны подробные замечания касающиеся удобства различных ударов в клавиши при писании на пишущей машинке. В соответствии с этими замечаниями вырабатывается новая система, отличная от указанной в работе [2]. На основании таблицы 3 частот пар письменных знаков в работе [2] указывается соответствующую этой системе клавиатуру.

Новый проект клавиатуры сопоставляется с имеющимися раньше проектами в отношении частоты различных ударов. Кроме того дается оценка частоты переменных ударов при писании английских текстов на разных клавиатурах, пользуясь статистикой частот пар соседних письменных знаков в английском языке.

---

L. ZUBRZYCKA (Wrocław)

*ON THE KEYBOARD OF A TYPEWRITER ADAPTED TO THE POLISH  
LANGUAGE*

SUMMARY

The paper contains detailed remarks concerning the convenience of various strokes on the keyboard in typing. On the basis of those remarks the authoress has worked out a new set of postulates, differing from the one given in paper [2]. She determines the keyboard corresponding to those postulates on the basis of table 3 of the frequency of pairs of letters and other writing signs in paper [2].

The new keyboard arrangement is compared with earlier arrangements with regard to the frequency of the various strokes. Moreover, the authoress estimates the frequency of alternate strokes in typing English texts on various keyboards on the basis of the statistics of the frequency of pairs of adjacent signs in the written English.

---