

PROBLEM IDENTYFIKACJI PARAMETRÓW MODELU OPTIMALIZACJI ROZMIESZCZENIA ZNAKÓW NA KŁAWIATURZE KOMPUTERA

Radosław PUKA, Piotr ŁEBKOWSKI

Streszczenie: Problem rozmieszczenia znaków na klawiaturze stanowi składową szerszego problemu: optymalizacji klawiatury. Opracowanie porusza kwestie wyboru klawiatury, dla której rozkład ma zostać zoptymalizowany, jak również budowy modelu optymalizacji rozmieszczenia znaków. Przedstawiona została metoda doboru tekstu badania empirycznego, a także opisane zostały istotne czynniki, na które należy zwrócić uwagę przy doborze tekstu badania.

Słowa kluczowe: klawiatura, optymalizacja rozmieszczenia znaków

Wstęp

Geneza powstania klawiatur komputerowych sięga do czasu powstawania pierwszych maszyn do pisania. Na początku lat 70. XIX wieku do produkcji seryjnej trafiają maszyny "Serial No. 1" oraz "Serial No. 2" produkowane przez firmę E. Remington & Sons [1]. Zostały one wyposażone w klawiatury stanowiące modyfikację układu "Sholes & Glidden". Układ ten jest pierwowzorem układu QWERTY, stanowiącego jeden z najczęściej używanych obecnie układów klawiatur. Pomimo rozwoju możliwości wykorzystania klawiatury (z narzędzia służącego jedynie do wpisywania tekstu do urządzenia używanego do komunikacji z komputerem) rozmieszczenie znaków na klawiaturze czerpie z układu powstałego w XIX wieku.

Popularną alternatywą układu QWERTY stanowi klawiatura opatentowana w 1936 przez Augusta Dvoraka i Williama Dealey'a [2]. Na uwagę zasługuje fakt, że jest to również klawiatura przeznaczona na maszyny do pisania. Dlatego też, zarówno klawiatury, które przeznaczone były na maszyny do pisania, jak również klawiatury tworzone do współpracy z komputerem, powinny zostać poddane weryfikacji, obejmującej między innymi sprawdzenie poprawności przesłanek, na podstawie których danych układ został opracowany.

1. Optymalizacja klawiatury

Od czasu produkcji pierwszych seryjnych maszyn do pisania, fizyczna forma klawiatury poddawana była wielu zmianom. Z klawiatur o okrągłych przyciskach, niewyposażonych m.in. w możliwość zmiany wielkich liter na małe, klawiatury wyewoluowały do znanych obecnie klawiatur komputerowych. Ze względu na wciąż pojawiające się różnice między kształtem, liczbą przycisków i ich wielkością na klawiaturach konstruowanych przez różnych projektantów [3, 4, 5] i wytwarzanych przez różnych producentów, Międzynarodowa Organizacja Normalizacyjna wydała normę ISO/IEC 9995 [6].

W zależności od specyfiki klawiatury (wielkości, kształtu, liczby przycisków itp.) różne będą parametry modelu optymalizacji rozmieszczenia znaków na klawiaturze. Wynika to m.in. z faktu różnego przypisania na klawiaturze danego klawisza do określonego palca, liczby klawiszy „obsługiwanych” przez dany palec, położenia i liczby klawiszy na klawiaturze itd. Z tego względu schemat opracowywania modelu optymalizacji rozmieszczenia znaków będzie jednakowy dla wszystkich przypadków, ale już same modele mogą się między sobą znacząco różnić.

W niniejszym opracowaniu wykorzystany zostanie układ QWERTY zgodny z normą ISO/IEC 9995. Blok alfanumeryczny, na którym skupią się rozważania, zaprezentowany został na rysunku 1.



Rys. 1. Blok alfanumeryczny z uwzględnieniem rozmieszczenia znaków w układzie QWERTY.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [7].

Do identyfikacji parametrów modelu optymalizacji rozmieszczenia klawiatury niezbędne jest przeprowadzenie badania empirycznego, podczas którego zostaną m.in. zebrane dane dotyczące zależności pomiędzy wpisywaniem dwóch kolejnych znaków (np. szybkość pisania, liczba popełnianych błędów) występujących podczas pisania na określonej klawiaturze. Niektóre z zależności mogą mieć charakter „uniwersalny” (naprzemiennosc pisania obiema rękami przyspiesza pisanie w porównaniu do pisania dłuższych ciągów znaków jedną ręką [2]), inne mają charakter fizjologiczny (pisanie w kierunku od małego palca do wskazującego jest wygodniejsze niż pisanie w odwrotnym kierunku [2]), natomiast część z zależności będzie specyficzna dla danego układu (wpisywanie przez palce: wskazujący i serdeczny znaków wiersza górnego jest wygodniejsze niż wpisywanie znaków wiersza dolnego [8]). W przypadku różnych układów, każda z zależności dotyczących wpisywania dwóch kolejnych znaków, może mieć inną wagę. Różna może być również liczba zależności, które powinny zostać uwzględnione w modelu.

Kolejnym elementem, który wpływa na liczbę i wagę danej zależności jest zbiór kryteriów optymalizacji. Zbiór ten może obejmować tylko jeden element (maksymalizacja szybkości pisania), jak również być złożony z wielu elementów (maksymalizacja szybkości pisania, minimalizacja ilości popełnianych błędów, minimalizacja długości ruchu dla każdego z palców itd.). Liczba kryteriów, zależna jest od przeznaczenia układu, możliwości pomiaru danego kryterium, jak również indywidualnego poglądu na tą kwestię projektanta modelu, którego zdaniem np. bezbłędne pisanie jest najważniejsze i tylko ten czynnik powinien stanowić kryterium optymalizacji.

Wnioskując z zaprezentowanych rozważań można przyjąć, że celem przeprowadzenia badania empirycznego jest zebranie danych dotyczących wyznaczonych uprzednio zależności (np. maksymalizacja naprzemiennosc pisania, minimalizacja liczby kombinacji pisanych tym samym palcem), wyznaczenie nowych zależności występujących podczas pisania na klawiaturze oraz zbadanie wielkości wpływu poszczególnych zależności na kryteria optymalizacji. Jeżeli występuje więcej niż jedno kryterium optymalizacji, niezbędne jest wyznaczenie wpływu danej zależności na każde z kryteriów, a także wagi danego kryterium.

2. Opis problemu

Kluczowym elementem procesu rozwiązania rozważanego problemu jest konstrukcja badania empirycznego. Dane, które podczas badania będą gromadzone muszą umożliwiać sprawdzenie wpływu danej zależności na wszystkie kryteria optymalizacji. Poniżej przedstawiono niezbędne do zgromadzenia dane dla przykładowych kryteriów:

- maksymalizacja czasu pisania – niezbędne dane: czas pomiędzy wciśnięciami dwóch kolejnych klawiszy, położenie na klawiaturze obu klawiszy, informacje o ręce i palcu wykorzystywanej do wciśnięcia danego klawisza,
- minimalizacja liczby popełnianych błędów – niezbędne dane: położenie klawisza poprzedzającego wciśnięcie niewłaściwego klawisza; położenie klawisza, który powinien zostać wciśnięty; położenie klawisza, który został omyłkowo wciśnięty, informacje o ręce i palcu wykorzystywanych do wciśnięcia każdego z wymienionych klawiszy.

Zaprezentowane zbiory danych zawierają minimalną ilość danych, jakie są niezbędne do próby określenia wpływu danej zależności na określone kryterium. Powyższe zbiory mogą zostać rozbudowane o dane dotyczące np. klawisza poprzedzającego wciśnięcie danych dwóch klawiszy. Przyjmując założenie, że rozmieszczenie znaków będzie optymalizowane dla osób wykorzystujących do pisania wszystkie dziesięć palców oraz, że każdy palec odpowiedzialny jest za obsługę z góry zdefiniowanej grupy klawiszy, możliwe jest pominięcie zbierania tych informacji dla każdego wykorzystania danego klawisza. Za przyjęciem opisanego założenia przemawiają następujące argumenty:

- wykorzystanie do pisania wszystkich palców zmniejsza obciążenie danego palca w porównaniu do przypadku wykorzystania do pisania tylko kilku palców,
- programy służące do nauki pisania wszystkimi palcami wykorzystują jednoznaczne przypisanie danego palca do obsługi określonego klawisza [9, 10].

Niewątpliwym plusem przyjęcia wspomnianego założenia jest również znaczne ułatwienie eksperymentu, z którego może zostać wyeliminowane urządzenie odpowiedzialne za sprawdzenie jaki klawisz został przyciśnięty poszczególnym palcem. Ograniczeniem, jakie niesie za sobą opisanie założenie, jest możliwość uczestnictwa w eksperymencie jedynie osób wykorzystujących do pisania wszystkie palce.

W przypadku optymalizowania klawiatury dla zdefiniowanej grupy docelowej, zalecane byłoby również uwzględnienie dodatkowych informacji o uczestnikach badania, na przykład ich wiek. Informacja ta może mieć wpływ na wagę danej zależności, jak również na dobór osób biorących udział w eksperymencie.

Zdaniem autorów, wspomniany eksperyment powinien polegać na zbieraniu danych podczas wpisywania tekstu przez osoby biorące udział w eksperymencie. Ze względu na możliwość wystąpienia wielu czynników zakłócających proces śledzenia codziennego wykorzystania klawiatury, autorzy proponują badanie polegające na przepisywaniu przez

osoby badane zadanego tekstu. Problemowi doboru tekstu poświęcona zostanie następną część opracowania.

3. Dobór tekstu badania

Tekst, który uczestnicy eksperymentu będą mieli za zadanie przepisać, powinien zostać tak dobrany, aby na podstawie danych zgromadzonych podczas badania możliwe było wykonanie m.in. statystycznej analizy istotności danej zależności występującej pomiędzy dwoma kolejnymi znakami, na wszystkie kryteria optymalizacji. Z tego też względu, przed rozpoczęciem badania istotne jest wyznaczenie najważniejszych zależności, jakie podlegać będą sprawdzeniu i zagwarantowanie takiego doboru tekstu, na podstawie którego zgromadzone dane pozwolą na weryfikację tych zależności oraz wyznaczenie ich wpływu na dane kryterium. Uwzględnić należy także możliwość niezdefiniowania z góry wszystkich najważniejszych zależności, które mogą zostać wykryte dopiero na podstawie analizy danych. Dlatego też tekst badania powinien umożliwiać pozyskanie możliwie największą ilość różnych danych (dotyczących np. wpływu wykorzystania klawiszy Shift i AltGr na każde z kryteriów).

Dobór tekstu eksperymentu może zostać przeprowadzony na dwa odmienne sposoby:

- wybór gotowego tekstu,
- zaprojektowanie własnego tekstu.

Obie możliwości wraz z plusami i minusami danego rozwiązania zostały opisane poniżej.

3.1. Wybór gotowego tekstu

Choć podejście polegające na wyborze gotowego tekstu wydaje się być mniej skomplikowane od budowy własnego tekstu, to w zależności od założonych kryteriów jakie dany tekst ma spełniać, może się okazać bardziej czasochłonne. Wynika to z faktu braku gotowych tekstów służących do przeprowadzania badania zależności na klawiaturze. Występujące w literaturze propozycje rozwiązania tego problemu poprzez wykorzystanie dowolnego tekstu np. fragmentu książki [11], wydają się autorom nie być najlepszym rozwiązaniem. Fragment utworu literackiego mógłby okazać się odpowiedni, jednak należałoby taką hipotezę zweryfikować poprzez analizę statystyczną występujących w nim znaków oraz przynajmniej ich dwuliterowych kombinacji. Liczba tych kombinacji powinna umożliwić weryfikację występujących w literaturze zależności. Rozwiązaniem, które potencjalnie mogłoby spełniać powyższy warunek konieczny, jest treść zawierająca wszystkie możliwe kombinacje znaków bloku alfanumerycznego. Uwzględnić jednak należy jeszcze specyfikę języka polskiego, w którym nie wszystkie kombinacje dwuliterowe występują. Dlatego też zbiór wszystkich kombinacji (w szczególności składających się z dwóch liter) powinien zostać ograniczony do tych, które występują w języku polskim. Zdaniem autorów, niezbędne jest także wprowadzenie ograniczenia długości tekstu, w celu wyeliminowania wpływu zmęczenia osób biorących udział w eksperymencie na poprawność i szybkość pisania.

Alternatywą dla tekstu będącego pojedynczym fragmentem książki jest budowa tekstu składającego się z wielu fragmentów. W takim przypadku każdy akapit lub każde zdanie mogłoby stanowić pojedynczy element składowy o określonych cechach (np. liczba danych kombinacji dwuznakowych, liczba wystąpień danej litery). Budowa tekstu polegałaby na rozwiązaniu zadania optymalizacyjnego, polegającego na takim doborze elementów

składowych, który zmaksymalizuje liczbę różnych kombinacji przy jednoczesnej minimalizacji całkowitej długości tekstu.

Zaprezentowana metoda doboru tekstu wymaga stworzenia bazy źródeł zawierającej dostosowane („pocięte” na podstawie określonego klucza – np. na zdania) teksty. Do jej minusów zaliczyć należy dużą wrażliwość na rzadko występujące kombinacje – jeżeli określona kombinacja pojawiła się tylko w jednym fragmencie tekstu, to cały fragment powinien zostać włączony do tekstu badania. Plusem metody jest spójność treści na poziomie minimum pojedynczych zdań.

3.2. Zaprojektowanie własnego tekstu

Druga z metod polega na tworzeniu własnego tekstu na podstawie doboru pojedynczych słów. Na potrzeby metody tworzona jest baza słów występujących w języku polskim wraz z opisem cech danego słowa (liczba wystąpień w słowie danych kombinacji dwuznakowych, liczba wystąpień określonej litery).

Metoda ta umożliwia znaczne skrócenie długości tekstu badania, przy jednoczesnej maksymalizacji liczby kombinacji dwuznakowych. Niewątpliwym minusem metody jest konieczność samodzielnej budowy tekstu z wyznaczonego zbioru wyrazów. Możliwa jest konstrukcja funkcji doboru wyrazów w sposób jednoznacznie definiujący położenie danego słowa w tworzonym tekście, jednak to podejście wymagałoby definiowania dodatkowych cech wyrazów (część zdania, odmiana itd.), aby powstała treść była zrozumiała. W innym wypadku ciąg wyrazów mógłby tworzyć konstrukcje słowne, które nie są poprawne w języku polskim i mogłyby zaburzać wynik eksperymentu poprzez zmuszanie osoby badanej do zastanawiania się nad poprawnością i znaczeniem przepisywanego tekstu. Dlatego też, samodzielna budowa tekstu na podstawie zbioru wyrazów wydaje się autorom być rozwiązaniem lepszym, które również nie gwarantuje stworzenia gramatycznie poprawnej treści. Pozwala jednak wykorzystać wiedzę i doświadczenie osoby konstruującej treść do stworzenia możliwie najbardziej prostego i zrozumiałego tekstu.

3.3. Kryteria doboru tekstu

Wybór metody doboru tekstu jest uzależniony od interpretacji zależności pomiędzy kombinacjami klawiszy, które podlegać będą weryfikacji na podstawie wyników eksperymentu. W przypadku założenia, że wystarczy sprawdzenie jak największej liczby kombinacji dwuznakowych, aby móc wnioskować o zależnościach, wybór metody nie powinien wpływać na uzyskane wyniki. Autorzy chcieliby jednak poruszyć inny interesujący przypadek, w którym nie przyjęto powyższego założenia.

Najczęściej pojawiają się w literaturze zależnościami dotyczącą wpisywania dwóch kolejnych znaków, jest naprzemiennosc pisania obiema rękami [2, 12, 13]. Na tej podstawie wnioskować można, że znaki powinny zostać rozmieszczone w sposób umożliwiający maksymalizację częstości wpisywania kombinacji dwuznakowych różnymi rękami. Do weryfikacji hipotezy można wykorzystać dane pochodzące z przeprowadzonego już badania, w którym treść zawiera możliwie największą liczbę różnych kombinacji dwuznakowych lub jest fragmentem tekstu. Z tak zebranych danych należy wyodrębnić informacje, które dotyczą kombinacji pisanych obiema rękami. Zdaniem autorów jest to jednak metoda, która nie pozwala na rzeczywiste sprawdzenie wpływu naprzemiennosci pisania, ponieważ kombinacje znaków pisane obiema rękami są oddzielane kombinacjami pisanymi tą samą ręką, co zaburzyć może np. rytm pisania.

Dlatego też, do zbadania wpływu tej zależności należy tak dobrać treść, aby wymuszała ona naprzemiennosc pisania. Do realizacji takiego zadania zdecydowanie lepsza jest druga metoda doboru tekstu i to ona zostanie wykorzystana do rozwiązania niniejszego problemu.

Ze względu na bardzo duży wpływ opisywanej zależności na zdecydowaną większość pozostałych zależności (np. kierunek wpisywania znaków jedną ręką czy wpływ położenia znaków na klawiaturze podczas ich wpisywania tą samą ręką stałyby się zależnościami mniej ważnymi, ponieważ dotyczyłyby tylko sytuacji, w których dwa kolejne znaki nie są wpisywane różnymi rękami), autorzy postanowili skupić się na problemie doboru tekstu wymuszającej naprzemiennosc pisania.

4. Treść pisana naprzemiennie

Pierwszym etapem doboru tekstu z wykorzystaniem metody projektowania własnego tekstu jest budowa bazy wyrazów występujących w języku polskim lub wykorzystanie jednej z dostępnych baz (np. [14]). Następnie należy wybrać klawiaturę, na której przeprowadzony będzie eksperyment (w przypadku niniejszego opracowania jest to układ zaprezentowany na rysunku 1). Na podstawie rozmieszczenia znaków w układzie należy je zakodować. W tabeli 1 zaprezentowane zostały wybrane znaki wraz z ich kodowaniem utworzonym na podstawie układu QWERTY.

Tab. 1. Kodowanie znaków dla układu QWERTY.

Znak	Ręka	Klawisz dostępu	Znak	Ręka	Klawisz dostępu
a	L		,	P	
ą	L	AltGr	.	P	
b	L		;	P	
c	L		[P	
ć	L	AltGr]	P	
d	L		'	P	
e	L		/	P	
ę	L	AltGr	<	P	Shift
f	L		>	P	Shift
g	L		?	P	Shift
h	P		:	P	Shift
i	P		1	L	
j	P		2	L	
k	P		3	L	
l	P		4	L	
ł	P	AltGr	5	L	
m	P		6	L	
n	P		7	P	
ń	P	AltGr	8	P	
o	P		9	P	

Znak	Ręka	Klawisz dostępu	Znak	Ręka	Klawisz dostępu
ó	P	AltGr	0	P	
p	P		-	P	
r	L		+	P	
s	L		!	L	Shift
ś	L	AltGr	@	L	Shift
t	L		#	L	Shift
u	P		\$	L	Shift
w	L		%	L	Shift
y	P		^	L	Shift
z	L		&	P	Shift
ź	L	AltGr	*	P	Shift
ż	L	AltGr	(P	Shift
q	L)	P	Shift
v	L		_	P	Shift
x	L		+	P	Shift

Zródło: Opracowanie własne.

W zaprezentowanej tabeli została dodana kolumna: „klawisz dostępu” oznaczającego klawisz, który musi zostać wciśnięty, aby możliwe było otrzymanie danego znaku. Znaki nieliterowe nie znajdują się w bazie słów i dlatego należy je samodzielnie umieścić w budowanym tekście lub zbudować model, który prócz wybierania słów będzie również tworzył ciągi znaków nieliterowych. W dalszym opracowaniu autorzy skupią się na optymalizowaniu doboru wyrazów uwzględniając również znaki występujące w zdaniach (pominięte zostaną znaki rzędu numerycznego).

Z wykorzystaniem danych zawartych w tabeli 1, zaprojektowana została kwerenda wybierająca z bazy wyrazów tylko te, które na klawiaturze QWERTY pisane są naprzemiennie obiema rękami. Przykładowa kwerenda wybierająca wyrazy o długości od dwóch do czterech liter pisane naprzemiennie (zaczynających się zarówno od znaku pisanego ręką lewą jak również ręką prawą) została zaprezentowana na rysunku 2.

```
SELECT [Wyraz] FROM [Bazawyrazów]
where [Wyraz] like '[zaqwsxcderfvgbtqzżść][yhnmjuiklopóh]'
or [Wyraz] like '[zaqwsxcderfvgbtqzżść][yhnmjuiklopóh][zaqwsxcderfvgbtqzżść]'
or [Wyraz] like '[zaqwsxcderfvgbtqzżść][yhnmjuiklopóh][zaqwsxcderfvgbtqzżść][yhnmjuiklopóh]'
or [Wyraz] like '[yhnmjuiklopóh][zaqwsxcderfvgbtqzżść]'
or [Wyraz] like '[yhnmjuiklopóh][zaqwsxcderfvgbtqzżść][yhnmjuiklopóh]'
or [Wyraz] like '[yhnmjuiklopóh][zaqwsxcderfvgbtqzżść][yhnmjuiklopóh][zaqwsxcderfvgbtqzżść]'
```

Rys. 2. Kwerenda wybierająca wyrazy pisane naprzemiennie obiema rękami.

Zródło: Opracowanie własne.

W tabeli 2 zaprezentowane zostały przykładowe wyrazy pisane naprzemiennie z zaznaczeniem, jakiej wyraz jest długości oraz która ręka rozpoczyna jego pisanie.

Tab. 2. Lista przykładowych wyrazów pisanych naprzemiennie.

Wyraz	Długość	Ręka rozpoczynająca
w	1	L
i	1	P
ci	2	L
ja	2	P
coś	3	L
len	3	P
auto	4	L
łapa	4	P
boska	5	L
mango	5	P
akczy	6	L
igłaka	6	P
rozłana	7	L
kanapek	7	P
wyrytych	8	L
uwielbia	8	P
dysleksja	9	L
lektorowi	9	P
rodowodowy	10	L
obiektywna	10	P
wydoroślała	11	L
prowodyrowi	11	P
subiektywizm	12	L
prospektywna	12	P

Źródło: Opracowanie własne.

Opracowana baza wyrazów wykorzystana zostanie do wyboru zbioru wyrazów, które pozwolą na weryfikację wybranych zależności dotyczących wpisywania dwóch kolejnych znaków. W tym celu niezbędne jest opracowanie modelu doboru wyrazów. Zaproponowany model ma na celu dobór wyrazów, na podstawie których możliwe będzie zebranie danych na temat naprzemienności pisania. Możliwe jest również rozszerzenie zbioru gromadzonych informacji o położenie na klawiaturze przycisków odpowiedzialnych za wprowadzenie danej kombinacji, czy palcach odpowiedzialnych za wpisanie kombinacji. Zebrane informacje mogą posłużyć do wyznaczenia pod-zależności dla pisania naprzemiennego, jak na przykład: wpisanie kombinacji, których oba znaki wprowadzane są przy wykorzystaniu palców wskazujących jest szybsze niż wpisywanie innego rodzaju kombinacji.

4.1. Model optymalizacji doboru wyrazów

W modelu doboru wyrazów pominięty został aspekt minimalizacji liczby wystąpień powtarzających się kombinacji. Zaproponowanym rozwiązaniem jest wprowadzenie maksymalnej liczby wyrazów (N), które mogą zostać wybrane do tekstu badania.

Oznaczenia:

ZW – zbiór wyrazów,

lZW – licznosc zbioru ZW ,

K – zbiór dwuliterowych kombinacji pisanych obiema rękami,

lL, lP – liczba znaków pisanych odpowiednio lewą i prawą ręką.

Zmienne decyzyjne:

$$x_i = \begin{cases} 1 & \text{– jeżeli } i \text{ – ty wyraz został wybrany do budowy tekstu badania} \\ 0 & \text{– jeżeli } i \text{ – ty wyraz nie został wybrany do budowy tekstu badania} \end{cases} \quad (1)$$

Funkcja celu:

$$\max FC = \sum_{j \in K} t_j \quad (2)$$

Ograniczenia:

$$t_j = \begin{cases} 1 & \text{– jeżeli } \sum_{i \in ZW} x_i * C_{ij} \geq 1 \\ 0 & \text{– jeżeli } \sum_{i \in ZW} x_i * C_{ij} = 0 \end{cases} \quad (3)$$

$$C_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{– jeżeli } i \text{ – ty wyraz zawiera } j \text{ – tą kombinację} \\ 0 & \text{– jeżeli } i \text{ – ty wyraz nie zawiera } j \text{ – tej kombinacji} \end{cases} \quad (4)$$

$$lZW \geq N \quad (5)$$

$$|lL - lP| \leq 1 \quad (6)$$

$$\sum_{i \in ZW} x_i = N \quad (7)$$

W zaprezentowanym modelu zmienne decyzyjne wyznaczają wyrazy, które zostały wybrane ze zbioru wszystkich wyrazów pisanych naprzemiennie, do budowy tekstu badania. Funkcja celu ma za zadanie zmaksymalizować liczbę różnych kombinacji w zbiorze zmiennych decyzyjnych, przy czym wystąpienie każdej z kombinacji liczone jest tylko raz. Ograniczenie (5) oznacza, że zbiór zmiennych decyzyjnych nie może być liczniejszy od zbioru wszystkich wyrazów. Następne z ograniczeń (6) oznacza, że liczba znaków pisanych prawą ręką może być różna o maksymalnie jeden znak od liczby znaków pisanych ręką lewą. Daje to gwarancję, że możliwe jest takie ułożenie wybranych wyrazów, aby cała treść z nich złożona wymuszała naprzemiennosc pisania. Równanie (7) ogranicza liczbę wybranych do budowy tekstu wyrazów do N .

W tabeli 3 przedstawiony został przykładowy dwudziestopięcioelementowy zbiór wyrazów dobranych na podstawie zaprezentowanego modelu. Do rozwiązania problemu wykorzystany został algorytm *wspinaczki* rozbudowany o strategię *wielostartu* [15]. W zaprezentowanym rozwiązaniu uwzględniono również wystąpienie dodatkowych dziewięciu znaków nieliterowych pisanych prawą ręką.

Tab. 3. Zbiór dwudziestu pięciu wyrazów pisanych naprzemiennie.

Numer	Wyraz	Numer	Wyraz
1	autofocus	14	odmrugnął
2	budowlańcowi	15	odpalałem
3	chapsnęłam	16	osóbkę
4	dyfuzje	17	rozkwitł
5	ekspensywna	18	rozpelźł
6	figurka	19	ryżowisk
7	flejtuchem	20	sorpcję
8	girland	21	urósłbyś
9	laicyzm	22	uwielbiajcie
10	makroelement	23	wizytówkę
11	najsuchsi	24	wygódką
12	neogotycka	25	zubożyć
13	obląkań		

Zródło: Opracowanie własne.

Z długości wybranych wyrazów (najkrótszy wyraz składa się z siedmiu liter) można wnioskować, że liczba zmiennych decyzyjnych powinna zostać powiększona. Umożliwi to wybór również krótszych wyrazów, które zawierają np. tylko jedną kombinację, niewystępującą wśród już wybranych wyrazów.

5. Wnioski

Problem rozmieszczenia znaków na klawiaturze komputera stanowi składową problemu optymalizacji klawiatury komputera [16]. Jest to problem bardzo złożony ze względu na interakcję z ludźmi, z których każdy wyróżniać się może odmiennymi cechami. Próba rozwiązania problemu wymaga przyjęcia założeń dotyczących m.in. klawiatury, dla której rozmieszczenie znaków będzie optymalizowane, jak również kryteriów optymalizacji, które determinować będą rodzaj zbieranych danych.

Do budowy modelu optymalizacji rozmieszczenia znaków niezbędne jest poznanie zależności dotyczących wpisywania kolejnych znaków, jakie występują podczas pisania. W literaturze występuje wiele – nierzadko sprzecznych ze sobą – tez na ten temat. Istotnym elementem modelu jest również wielkość wpływu danej zależności na określone kryterium optymalizacji. Aby możliwe było wnioskowanie o wymienionych elementach modelu, niezbędne jest przeprowadzenie badania empirycznego, którego jednym z elementów będzie przepisywanie przez osoby biorące udział w eksperymencie, specjalnie w tym celu opracowanego tekstu. Wybór zależności, które będą poddane weryfikacji determinować

będzie tekst badania, który będzie musiał spełniać określone założenia. Zdaniem autorów, aby możliwa była weryfikacja wszystkich występujących w literaturze zależności pomiędzy wpisywanymi znakami, niezbędne jest zbudowanie tekstu eksperymentu z wielu bloków, z których każdy pozwoli na gromadzenie danych o określonej grupie zależności.

Zebrane w zaproponowany sposób dane pozwolą na budowę modelu rozmieszczenia znaków, który pozwoli na budowę układu optymalnego ze względu na założony kryteria. Plusem zaproponowanego rozwiązania jest brak konieczności weryfikacji zaprojektowanego układu. Wynika to z faktu, że wykryte zależności dotyczące np. wykorzystania danej pary klawiszy będą takie same, bez względu na fakt, jakie znaki na tych klawiszach się znajdują.

Literatura

1. Yasuoka K., Yasuoka M.: On the Prehistory of QWERTY, ZINBUN, Nr 42, 2011, pp. 161-174
2. Dvorak A., Dealey W.: Typewriter keyboard. United States, US2040248, 1936
3. Marsan C.: Claviers alphanumeriques ergonomiques pour machines a ecrire et similaires, République Française, FR2611589, 1988
4. Woods D.: User friendly keyboard. United States, US006965372, 2005
5. Browne P.: Pseudo-symmetrical ergonomic computer keyboard. United Kingdom, GB2500621, 2013
6. ISO/IEC 9995: Information technology - Keyboard layouts for text and office systems
7. Microsoft: Windows Keyboard Layouts, dostęp: 1 stycznia 2016, źródło: <http://msdn.microsoft.com/pl-pl/goglobal/bb964651>
8. Dumez H.: BvoFRak. Dostęp: 1 stycznia 2016. Źródło: <http://bvofrak.blogspot.com/>
9. Giletech: Typing Tutor - Typing Test - Typing Game. dostęp: 1 stycznia 2016, źródło: http://www.touch-typing-tutor.com/TypingQueen-Doc/ReadMe_EN.htm
10. Jastrzębski R., Nahlik K.: Mistrz Klawiatury II, Nahlik Soft, źródło: <http://www.nahliksoft.com.pl/phtml/p-mk2.html>
11. Udosen U.: Evaluation and Improvement of Dvorak Keyboard Layout Using CADWORK. Advanced Materials Research, vol. 62, s. 585-591.
12. Zubrzycka L.: O dostosowywaniu klawiatury maszyny do pisania do struktury języka, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Zastosowania Matematyki, tom 6 (1962-1963), s. 419-439
13. Pieprgrass D.: Qwerty, Dvorak and the Asset Keyboard, dostęp: 1 stycznia 2016, źródło: <http://millikeys.sourceforge.net/asset/>
14. Słownik sjp.pl.: Lista słów do gier - Słownik SJP, dostęp: 1 stycznia 2016, źródło: <http://sjp.pl/sloownik/growy/>
15. Trojanowski K.: Metaheurystyki praktyczne. Wydawnictwo WIT, Warszawa, 2005
16. Puka R., Łebkowski P.: Problem optymalizacji układu klawiatury komputerowej, Technologia i Automatyzacja Montażu, nr 2, 2015, pp. 33-37

Mgr inż. Radosław PUKA

Dr hab. inż. Piotr ŁEBKOWSKI, prof. nadzw. AGH

AGH, Wydział Zarządzania

30-067 Kraków, ul. Gramatyka 10

tel.: (12) 617 42 02

e-mail: rpuka@zarz.agh.edu.pl, plebkows@zarz.agh.edu.pl