

DIPLOMAMUNKA

Szeghalmy Szilvia

Debrecen

2007

Debreceni Egyetem

Informatika Kar

Közel optimális billentyű kiosztás készítése a magyar nyelvhez

Témavezető:
Dr. Aszalós László
egyetemi adjunktus

Készítette:
Szeghalmy Szilvia
PTM

Debrecen

2007

Tartalomjegyzék

TARTALOMJEGYZÉK	3
1 BEVEZETÉS	4
2 ALTERNATÍV BILLENTYŰZETKIOSZTÁSOK	6
2.1 <i>Standard angol dvorak kiosztást</i>	6
2.2 <i>Svéd dvorak kiosztást</i>	7
3 BILLENTYŰK LEÜTÉSI IDEJÉNEK MEGHATÁROZÁSA	10
3.1 <i>Leütési idők mérése</i>	10
4 MÉRÉSI ADATOK ELEMZÉSE	12
4.1 <i>Billentyűk csoportosítása</i>	12
4.2 <i>Dvorak-féle leütési csoportok</i>	14
4.2.1 Egy kéz alá eső, de különböző sorban lévő billentyűk leütése.....	15
4.2.2 Azonos ujj alá eső betűk leütése.....	16
4.2.3 Azonos betűk leütése	16
4.2.4 Egy kéz alá eső, de különböző oldalon lévő billentyűk leütése	16
4.2.5 Egy kéz alá eső de nem szomszédos ujjakkal billentyűk leütése	17
4.2.6 Egy kéz alá eső szomszédos ujjakkal billentyűk leütése.....	17
4.2.7 Egy kéz alá eső és alternáló leütések.....	18
4.3 <i>Szimmetria vizsgálata</i>	18
4.4 <i>Gyakoriság és a leütési idő</i>	19
5 HIÁNYZÓ ADATOK PÓTLÁSA	21
6 BILLENTYŰZET-KIOSZTÁS TERVEZÉSE	24
6.1 Generációk.....	24
6.2 Mutáció	25
6.3 Fejlődés.....	25
6.4 Leállási feltétel	25
6.5 Paraméterek meghatározása	25
7 BILLENTYŰZET-KIOSZTÁS KIVÁLASZTÁSA.....	30
8 ÖSSZEFOGLALÁS.....	35
FELHASZNÁLT IRODALOM	36
ÁBRA JEGYZÉK	38
TÁBLÁZAT JEGYZÉK	38
FÜGGELÉK.....	39

Köszönöm Dr. Benkő Lázárnak és a Parlamenti Gyorsíró Iroda további munkatársainak: Bíró Ágnesnek, Horváth Éva Szilviának, Soós Ferencnek és Szűcs Dórának a méréseknél történő kitartó segítséget.

1 Bevezetés

A legelső írógépeken a betűk ábécé sorrendben helyezkedtek el, de a korai szerkezet karjai gyakran összeakadtak. A problémára Christopher Latham Scholes, nyomdász talált megoldást 1873-ban. A mechanikát nem lehetett gyorsan fejleszteni, ezért a gépelési sebességet a betűk összekeverésével csökkentette. A módszer bevált, és a QWERTY billentyűzet széles körben elterjedt. A felhasználók annyira megszokták, hogy bár ma már nyilvánvalóan nincs szükség ilyen trükkökre, mégis mindenhol ennek az összekevert billentyűzetnek a változatai vannak jelen. A nemzeti kiosztásokra jellemző, hogy az angol ábécé betűi, egy-két kivételtől eltekintve, az eredeti helyükön maradnak, az angol ábécében nem szereplő nemzeti karakterek pedig a különböző jelek (/ \ ' ` = ;) helyére kerülnek. Mivel a legtöbb európai nyelv több betűt tartalmaz, mint az angol, ezért gyakran a sorok is kiegészülnek egy-egy billentyűvel. A gépíróknál viszont alapkövetelmény a gyors gépelés, különösen akkor, ha élőbeszéd lejegyzésére alkalmazzák őket (pl.: parlamenti üléseken, bírósági tárgyalásokon). Ezt felismerve már több a QUERTY-től lényegesen eltérő billentyűkiosztás is elkészült. A legelterjedtebb August Dvorak 1930-ban tervezett billentyűzet-kiosztása, amely már a gyorsaságra, és kényelmes gépelésre helyezi a hangsúlyt. Ha egy átlagos angol szöveg gépelése alatt a hagyományos QWERTY billentyűzeten 16 mérföldet tesznek meg a gépírók ujjai, addig a Dvorak billentyűzeten csak egyet [1]. Dvorak az új kiosztás tervezésénél számos szempontot vett figyelembe. Ezek közül a legfontosabbak, hogy a gyakran előforduló betűket könnyen elérhető helyekre tette, és felismerte a váltakozó kézzel való leütések fontosságát. Az alternatív kiosztások készítésénél megoszlanak a vélemények a „könnyen elérhető” definiálásánál. Dvorak például tényleges idő helyett távolságokkal számolt, míg mások az alapsor megfelelő betűjétől indulva mérik az adott billentyű leütéséhez szükséges időt, vagy két billentyű leütése közt eltelt időt nézik. Szempont lehet még az új kiosztás létrehozásakor, hogy az ujjak egyenletesen legyenek terhelve, és a jellemző gépelési hibákat is figyelembe kell a billentyűzet tervezése során.

Munkám során felhasználtam Dvorak és mások elveit is, de mivel minden nyelv más és más, ezért az új billentyűzetkiosztás kialakításánál elsősorban billentyű-párok leütése közt mért időkre, és hazai gépírásstanárok elemzésére támaszkodtam.

2 Alternatív billentyűzetkiosztások

Dvorak nyomán haladva már számos nemzet kialakította saját dvorak billentyűzetkiosztását, ezért mielőtt az új billentyűzet készítésével kezdenénk foglalkozni, ismerkedjünk meg néhányval.

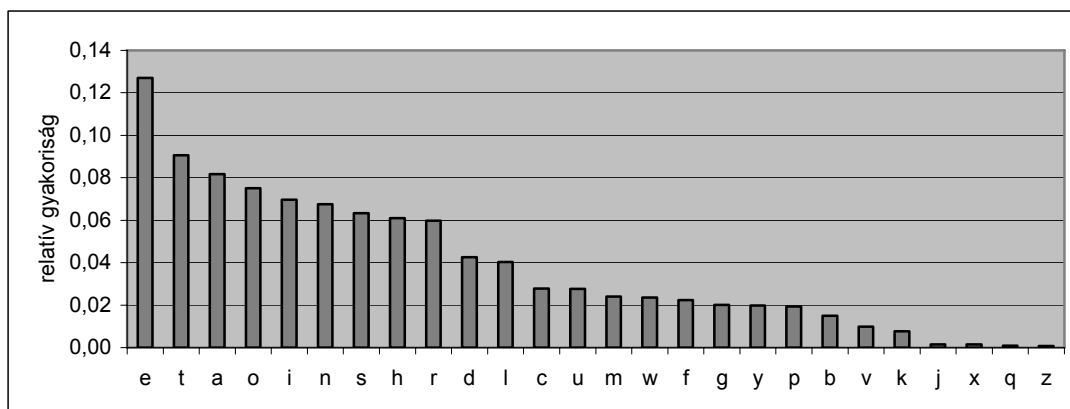
2.1 Standard angol dvorak kiosztást

`	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	[]	← Backspace
Tab ↔	'	,	.	P	Y	F	G	C	R	L	/	=	\
Caps Lock ↑	A	O	E	U	I	D	H	T	N	S	-	Enter ←	
Shift ↑	;	Q	J	K	X	B	M	W	V	Z	Shift ↑		
Ctrl	Alt									Alt Gr	Ctrl		

2.1-1 ábra: angol dvorak billentyűzet

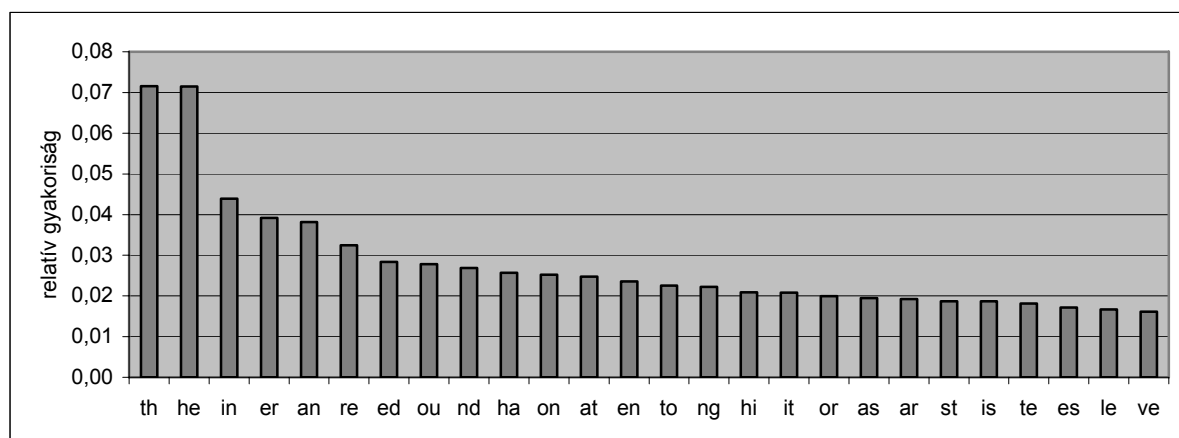
Ahhoz, hogy a látottakat értelmezni tudjuk, nem árt még egy-két plusz információ.

Az angol ábécé betűi gyakoriságuk szerint csökkenő sorrendben [9]:



2.1-2 ábra: betűgyakoriságok az angol nyelvben

A leggyakrabban előforduló betű-párok betűgyakoriság szerint [7]:



2.1-3. ábra: betű-párok gyakorisága az angol nyelvben

Figyeljük meg, hogy az összes magánhangzó a bal kéz alapsorán van. Dvorak ezzel nem csak azt érte el, hogy a leggyakrabban szereplő betűk kerültek az alapsorra, de egyúttal a váltakozó kézzel való billentyűléítés esélyeit is jelentősen növelte. A leggyakoribb 25 betű-pár közül csupán öt olyan van, amelyikben a betűk egy kéz alá esnek. Dvorak emellett figyelt az ujjak egyenletes terhelésére is. Mindezzel elérte, hogy a gépelés 60-70%-ban az alapsoron történik[5], vagyis sokkal kevesebbet kell mozogni az ujjaknak, mint a QWERTY billentyűzeten, ahol ez az arány csak 20-30%.

2.2 Svéd dvorak kiosztást

\$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	+	'	← Backspace
Tab ←	Ä	Å	Ö	P	Y	F	G	C	R	L	,	"	'
Caps Lock ↑	A	O	E	U	I	D	H	T	N	S	-	Enter ←	
Shift ↑	<	.	Q	J	K	X	B	M	W	V	Z	Shift ↑	
Ctrl	Alt									Alt Gr	Ctrl		

2.2-1 ábra: svéd dvorak billentyűzet

A svéd ábécé betűi gyakoriságuk szerint csökkenő sorrendben [12]:

e, a, r, n, t, s, i, l, d, o, m, k, g, v, f, h, ä, p, u, å, ö, b, c, j, y, x, w, z, e, q

Amint látjuk a svédek nem erőltették meg magukat a saját dvorak billentyűzetük kialakításakor. Nemhogy a betűgyakoriságok, de még a betűk is eltérnek az angoltól. A betűk elhelyezkedésén ennek ellenére sem módosítottak, csak a jelek helyére tettek egy-egy olyan betűt, amelyet az angol ábécé nem tartalmaz.

Megnézhetnénk még számos nyelvre adoptált dvorak billentyűzetet, de sajnos szinte mindenhol beérték ennyivel [4], pedig a német kiosztások jól példázzák, mennyit jelent, ha dvorak elvei alapján a saját nyelvük sajátosságaihoz igazítják a billentyűzetkiosztást.

^	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	+	-	← Backspace
Tab ↹	Ü	,	.	P	Y	F	G	C	R	L	#	<	-
Caps Lock ↑	A	O	E	U	I	D	H	T	N	S	?	↵ Enter	
Shift ↑	Ä	Ö	Q	J	K	X	B	M	W	V	Z	Shift ↑	
Ctrl	Alt							Alt Gr	Ctrl				

2.2-2 ábra: német dvorak billentyűzet I.

^	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	+	-	← Backspace
Tab ↹	Ü	,	.	#	Y	F	G	C	T	Z	P	?	-
Caps Lock ↑	A	O	E	I	U	H	D	R	N	S	L	↵ Enter	
Shift ↑	Ä	Ö	Q	J	K	X	B	M	W	V	<	Shift ↑	
Ctrl	Alt							Alt Gr	Ctrl				

2.2-3 ábra: német dvorak billentyűzet II.

A felső német kiosztásban hasonlóan a svéd kiosztáshoz szinte egészben megtaláljuk az angol dvorak billentyűzet sorait. Az alsó kiosztásról is lerí hogy az angol kiosztás átalakítása, de, amint azt a Shiar honlapjáról[11] származó táblázat mutatja, ezzel a csekély változtatással is jelentős eredményt értek el. A billentyűzet kiosztások összehasonlítása a wgerman 2-7.1-es szótárban szereplő 75048 szóval történt. Az alapsoron (home row) gépelhető szavak száma csaknem duplájára növekedett, és a felső sorokban gépelhető szavak számát is sikerült növelni, és tovább csökkent azoknak a szavaknak a száma is, ahol egy ujjal kell leütni az összes betűt (all reached).

	német dvorak I	német dvorak II	német qwerty
main fingers	194	286	29
home row	489	950	50
top 2 rows	14343	18616	7369
no same hand	1651	1647	644
no home row	51	45	1192
all reached	162	137	3899
left hand only	40	16	536
right hand only	43	56	88

2.2-1 Táblázat: német dvorak billentyűzet I-II összehasonlítása

3 Billentyűk leütési idejének meghatározása

Míg August Dvorak az ujjak által megtett távolságokat vette figyelembe, én a mai technikai eszközökkel egyszerűen mérhető leütési időket vizsgáltam.

3.1 Leütési idők mérése

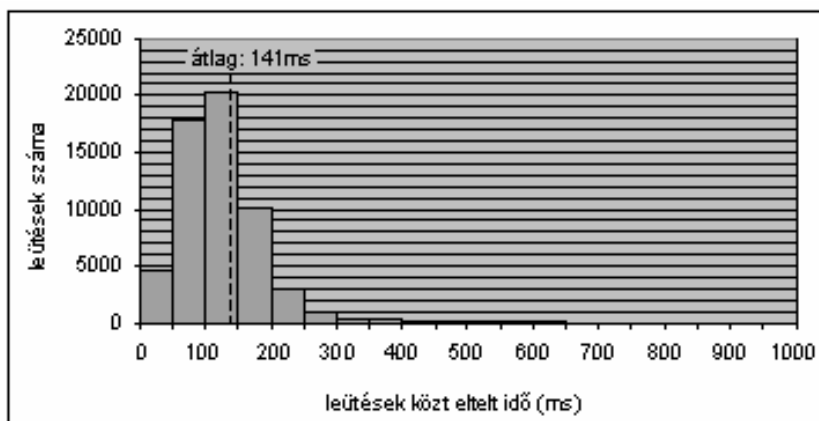
Az új kiosztás létrehozásához szükségünk lesz a billentyű-párok leütése közt eltelt időre. Magyar nyelvhez korábban nem készült ilyen statisztika, emiatt az adatok gyűjtéséről nekem kellett gondoskodnom. Az adat gyűjtéséhez készítettem egy Windows XP operációs rendszer alatt működő programot. A program nem ad külön felületet a gépeléshez, ehelyett a megszokott szövegszerkesztőben dolgozhattak a gépírók. Ez lehetővé tette, hogy tényleges munkavégzés közben gyűjthessem be az adatokat.

A program minden billentyű-párhoz maximum 50 db leütési időt tárol egy futtatás során. A mérések elvégzésére 2006.12.11-13-án a plenáris ülések alatt került sor, 10 perces váltásokban dolgozó gépírók közreműködésével.

Bár a mérés során az összes billentyű-párra vonatkozóan gyűjtöttem adatokat, a billentyűkiosztás megvalósításához csak egy szűkebb T tartományt vettem figyelembe, ami a magyar ábécé betűiből (kettős betűk és a dzs kivételével), és a ,(vessző), .(pont), –(kötőjel) jelekből áll. Ez az összes leütésnek kb. 70%-a. 28%-ot tesznek ki azok a párok, amelynek valamelyik tagja szóköz, enter, tab, backspace vagy valamilyen funkcióbillentyű. Ezek helyét nem szokás megváltoztatni, ezért ezekkel a továbbiakban nem foglalkoztam. Az új kiosztás készítésénél még a módosító billentyűkkel elérhető jelek lehetnek érdekesek. Magyar nyelvű szöveg gépelésénél, viszont ezek használta is elenyésző. Általában csak a nagybetűk írása során használjuk ezeket, ezért az ilyen leütéseket sem vizsgáltam.

Az adatok feldolgozása során csak a folyamatos gépelésből származó adatok érdekesek. Annak eldöntése, hogy a gépelés folyamatos volt-e nem egyszerű feladat, hiszen a gépíró is ember, és ha csak egy pillanatra nem figyel oda, már is megnő a két billentyű leütése közt eltelt idő. Szükséges tehát megállapítani egy olyan határt, amely felett már nem tekintjük

folyamatosnak a gépelést. Ehhez először a leütési idők előfordulási gyakoriságát vizsgáltam meg.



3.1-1 ábra: billentyű-párok leütése közt eltelt idők gyakorisága

A mért idők közel 97%-a 300ms alatt van, ezért ezt az értéket választottam határnak.

Egy (a, b) billentyűpár leütése közt eltelt idő alatt a hozzá tartozó 300 milliszekundumnál kisebb mérési értékek mediánját értem, ha rá vonatkozóan több mint 3 mérés áll rendelkezésre ($a, b \in T$). A továbbiakban $E(a, b)$ -vel jelölöm, és röviden az (a,b) pár leütési idejeként fogok rá hivatkozni.

A leütési időket az 1. táblázat tartalmazza. A táblázatban csak magyar nyelvű szöveg gépeléséből származó mérési eredmények vannak. Ezzel 735 párra vonatkozóan sikerült adatokat gyűjteni (Összehasonlítás képen Ady Endre összes prózai művében a különböző betű-párok száma 1141¹) Ez alig több mint a lehetséges billentyű-párok fele. Sok pár a gyakorlatban nem fordul elő, mint pl.: yx vagy úó, ám a mérési adatokból hiányzik néhány gyakorlatban előforduló pár is. A hiányzó leütési időkre viszont szükség van a billentyűzet kiosztás megtervezéséhez.

¹ Az egymás után álló azonos betűket nem számítottam párnak, mivel a mérések alatt ez leggyakrabban tévesztés eredménye volt.

4 Mérési adatok elemzése

4.1 Billentyűk csoportosítása

A meglévő adatok száma elég annak eldöntésére, hogy Dvorak vagy más kiosztás tervezők elveit érdemes-e alkalmazni a magyar kiosztás készítése során.

Az adatok elemzését egy az optimális billentyűzetek keresésekor, elemzésekor gyakran használt csoportosítással kezdem. A billentyűket n csoportra kell osztani a billentyűzeten való elhelyezkedés alapján, majd meg kell határozni mennyi idő egy csoportokból elérni egy másik csoportot. Az i . csoportot $Cs(i)$ -vel jelölöm a továbbiakban.

Az i . csoportból indulva a j . csoport leütési ideje:

$$4.1-1 \quad E(Cs(i), Cs(j)) = \frac{1}{N_{ij}} \sum_{a \in Cs(i), b \in Cs(j), a \neq b} E(a, b),$$

ahol $i, j \in \{0, \dots, n\}$, és N_{ij} azon (a, b) párok a száma, amelyekhez létezik $E(a, b)$.

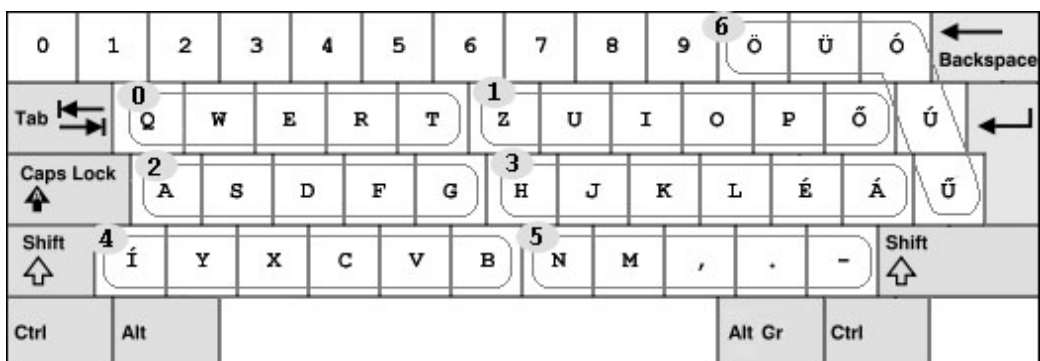
A felosztásnál a bal, és a jobb kéz alá eső betűk soronként egy-egy csoportot alkotnak. Egy csoportba általában 5 billentyű tartozik [3], hiszen ezzel lefedhető a teljes angol ábécé, viszont más szerző más elveket követ [4].

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	-	=	Backspace
Tab	Q	W	E	R	T	Y	U	I	O	P	[]	\
Caps Lock	A	S	D	F	G	H	J	K	L	;	'	Enter	
Shift	Z	X	C	V	B	N	M	,	.	/		Shift	
Ctrl	Alt									Alt Gr	Ctrl		

4.1-1 ábra: az angol billentyűk csoportosítása

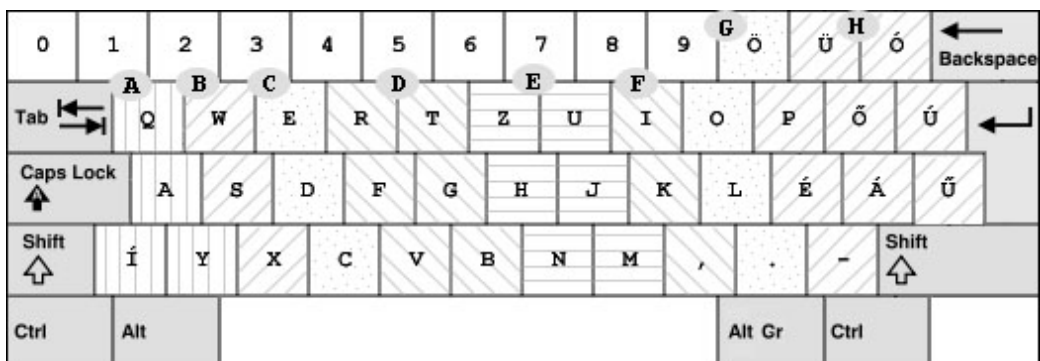
Az angol nyelvben megszokott csoportok viszont nem fedik le a magyar ábécét, ugyanis a billentyűzet szélén lévő jelekkel az angoloknak nem kell foglalkozniuk. Nálunk más a helyzet, hiszen az angolok 26 betűjével szemben 35 magyar betű áll, és így a szélén lévő billentyűk is fontosak a kiosztás tervezésekor. Ezeket, mivel az alapsortól való távolságuk

hasonló, egy csoportba helyeztem el. A maradék 3 betűt (í, ó, á) a fenti csoportosításban hozzájuk legközelebb eső csoporthoz fűztem hozzá.



4.1-2 ábra: a magyar billentyűk csoportosítása I.

A billentyűket szokás még a szerint is csoportosítani, hogy melyik ujjal kell leütni azokat. A magyar billentyűzeten ez a következő csoportokat jelenti:



4.1-3 ábra: a magyar billentyűk csoportosítása II.

A csoportokra a szürke körökben látható jellel fogok hivatkozni.

Ha a csoport képzése megfelelőnek bizonyul, akkor azokhoz az (a, b) billentyű-párokhoz $a \in Cs(i)$, $b \in Cs(j)$, $i, j = \{0, \dots, n\}$, amelyekhez nem tartozik leütési idő az $E(Cs(i), Cs(j))$ időt rendelem. Ezt persze csak akkor lehet megtenni, ha a csoport-párba tartozás és a leütési idő közt erős kapcsolat van, de erre kevés az esély.

A mérési adatok alapján számított értékeket a következő táblázat tartalmazza:

Cs(i)\Cs(j)	0	1	2	3	4	5	6
0	122,92	117,50	150,17	105,78	187,67	120,17	130,33
1	114,22	148,82	114,31	168,60	124,63	194,58	145,38
2	141,79	119,30	135,73	118,00	162,68	129,82	147,38
3	109,31	156,72	109,57	130,59	125,05	158,58	175,56
4	170,36	110,18	142,92	125,38	172,56	147,35	124,94
5	133,00	176,42	119,82	158,50	136,50	178,33	166,83
6	115,72	174,79	119,15	179,00	114,10	190,07	-

4.1-1 táblázat: a magyar billentyűzet csoportosítása

A kapcsolat erősségének vizsgálatához először a teljes szórást(SST), és a külső szórást(SSK) számítottam ki:

$$4.1-2 \quad SST = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sum_{a \in Cs(i)} \sum_{b \in Cs(j), a \neq b} [\bar{Y} - E(a, b)]^2 = 1226479,64$$

$$4.1-3 \quad SSK = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x \cdot [\bar{Y} - E(Cs(i), Cs(j))]^2 = 451339,91,$$

ahol \bar{Y} a teljes átlagot jelöli és x azon (a, b) párok darabszámát jelenti, ahol $a \in Cs(i)$, $b \in Cs(j)$, $a \neq b$ és $E(a, b)$ létezik.

Vegyes kapcsolatok esetén gyakran van szükség annak számítására, hogy a minőségi változók milyen mértékben magyarázzák a mennyiségi változók értékét [20]. Esetünkben azt, hogy hány százalékban határozza meg a leütési időket, a csoportba való tartozás. $\frac{SST}{SSK} \cdot 100 = 37\%$. (Az angolban használt csoportosításnál is ugyan ezt az értéket kapjuk.) Ez sajnos messze áll az erős kapcsolattól. Éppen ezért a következő fejezetben megvizsgáljuk az egymást követő leütések fajtáit, és azok elemzéseit.

4.2 Dvorak-féle leütési csoportok

Dvorak az alábbi leütési típusokat adta meg [2]:

1. egy kéz alá eső, de különböző sorban lévő billentyűk leütése
2. ugyanazzal az ujjal különböző billentyű leütése
3. ugyanannak a billentyűnek egymás utáni leütése
4. egy kéz alá eső különböző oldalon lévő billentyűk leütése

5. egy kéz alá eső de nem szomszédos ujjakkal billentyűk leütése
6. egy kéz alá eső szomszédos ujjakkal billentyűk leütése
7. az egyik billentyű ballal, a másik jobb kézzel való leütése (alternáló)

Az olvasónak valószínűleg vannak tippjei, hogy melyik pontban mi lesz negatív, és mi pozitív hatással a leütési időkre, de azért nézzük meg, hogy a mérések miről árulkodnak.

4.2.1 Egy kéz alá eső, de különböző sorban lévő billentyűk leütése

Mindenféle vizsgálat nélkül azt állítanánk, minél nagyobb távolságot kell megtenni az ujjainknak, annál lassabban fogjuk elérni, és igazunk is van. Azonos sorokban lévő billentyűk elérése (főátlóban lévő mezők) a legjobb: 148ms. A szomszédos sorokban lévő billentyűk(sötétszürke mezők) leütéséhez már valamivel több idő kell, átlagosan 156ms, és még ennél is rosszabb leütési idővel rendelkeznek azok a párok, amelyek nem szomszédos sorokban helyezkednek el (világosszürke mezők): 180ms-al.

Cs(i)\Cs(j)	0	1	2	3	4	5-	6
0	122,92		150,17		187,67		
1		148,82		168,60		194,58	145,38
2	141,79		135,73		162,68		
3		156,72		130,59		158,58	175,56
4	170,36	110,18			172,56		
5		176,42	119,82			178,33	166,83
6	115,72			179,00		190,07	-

4.2.1-1 táblázat: egy kéz alá eső billentyűk leütése

Ha már a soroknál tartunk, szenteljünk még egy kis időt az azonos sorban lévő billentyűpárookra. Fentebb már láttuk, hogy Dvorak az alapsorra, és a felső sorba tette a leggyakoribb betűket, és Markus Brooks tesztjei [6] szerint is sokkal gyorsabbak az alapsor-alapsor és a felső sor – felső sor típusú leütések, mint az alsó sor billentyűinek elérése. A mért adataink alátámasztják ezt az állítást, bár az alsó sorokra vonatkozóan nagyon kevés áll rendelkezésre.

sorok	bal	jobb
felső	122,92	148,82
alapsor	135,73	130,59
alsó	172,56	178,33

4.2.1-2 táblázat: azonos sorban lévő billentyűk leütése

4.2.2 Azonos ujj alá eső betűk leütése

A kérdés az, rossz-e ha egy ujjal kell a különböző sorban lévő billentyűket leütnünk. A józan ész azt diktálja, ha nem közvetlenül egymás alatti gombokról van szó, akkor biztosan lassabban fogjuk leütni, mint általában. Ennek igazolására viszont alig van adatunk. Nem meglepő, hiszen nagyon kis elemszámú csoportokról van szó. Helyzetünket pedig tovább rontja, hogy a legtöbb csoportba olyan betűk kerültek, amelyek a magyar nyelvben ritkán vagy egyáltalán nem fordulnak elő egymás után.

csoport1	csoport2	leütési idő	db
A	A	191,00	2
B	B	-	0
C	C	179,13	4
D	D	186,72	20
H	H	209,85	13
G	G	178,40	5
F	F	177,75	4
E	E	191,23	22

4.2.2-1 táblázat: azonos ujj alá eső billentyűk leütése

4.2.3 Azonos betűk leütése

Ritka kivételtől eltekintve ez elgépelést jelent. Nehéz lenne kiszűrni, hogy a határ a szándékos, és a véletlen leütések közt. Ezért a betűismétlések vizsgálatától eltekintünk.

4.2.4 Egy kéz alá eső, de különböző oldalon lévő billentyűk leütése

Az alábbi táblázatban igen jó elérési idők szerepelnek. Ez valószínűleg annak köszönhető, hogy a mutatóujj, és a kisujj az, ami leginkább függetlenül tud mozogni az ujjak közül.

csoport1	csoport2	leütési idő	db
A	D	141,90	15
D	A	127,15	13
H	E	154,05	30
E	H	149,69	34
átlag		143,20	

4.2.4-4 táblázat: egy kéz alá eső különböző oldalon lévő billentyűk leütése

4.2.5 Egy kéz alá eső de nem szomszédos ujjakkal billentyűk leütése

Ezzel a csoportosítással sincs túl sok szerencsénk. A csoportokhoz tartozó időknél ugyan nagy eltérések vannak, de a *q*, *w*, *x* betűk miatt a bal kéz alá eső csoportokban olyan kevés adat van, hogy azt aligha vehetjük figyelembe. A jobb kézre koncentrálnva, feltűnhet, hogy abban a két csoportban, ahol a mutatóujj is szerepet kap, majd 20-30ms-al jobbak a leütési idők, mint a másik kettőben.

csoport1	csoport2	leütési idő	darab
A	C	138,00	5
C	A	160,50	7
B	D	166,33	6
D	B	142,30	5
H	F	179,75	18
F	H	180,58	13
G	E	143,46	14
E	G	131,08	18
átlag		155,25	

4.2.5-1 táblázat: egy kéz alá eső nem szomszédos ujjakkal való leütés

4.2.6 Egy kéz alá eső szomszédos ujjakkal billentyűk leütése

Hasonló a helyzet itt is. Alig van adat, a csoportokhoz tartozó idők közt pedig hatalmas különbségek vannak.

csoport1	csoport2	leütési idő	darab
A	B	258.00	4
B	A	141.00	2
B	C	221.17	3
C	B	208.60	5
C	D	188.34	16
D	C	144.38	12
H	G	196.32	20
G	H	200.16	16
G	F	152.00	8
F	G	188.63	8
F	E	150.50	14
E	F	154.81	16
átlag		183.66	

4.2.6-1 táblázat: egy kéz alá eső szomszédos ujjakkal való leütés

4.2.7 Egy kéz alá eső és alternáló leütések

Ennek vizsgálatához két csoportra lesznek osztva az adatok. Az egyik csoport tartalmazza a bal kézre, a másik a jobb kézre eső betűket:

csoport1	csoport2	leütési idő
1∪3∪5∪6	0∪2∪4	118,69
0∪2∪4	1∪3∪5∪6	123,38
1∪3∪5∪6	1∪3∪5∪6	164,20
0∪2∪4	0∪2∪4	155,21

4.2.7-1 táblázat: egy kéz alá eső és alternáló leütések

Az alternáló párok leütéséhez átlagosan 121,04ms-ra van szükség, míg ha ugyanazzal a kézzel kell mind két billentyűt leütnünk, akkor közel 40ms-al több időre van szükségünk. Az An Analysis Of The Standard English Keyboard[4] cikk szerzői még 40ms-nál is nagyobb különbségről számolnak be hasonló leütési idők mellett. Emellett az alternáló billentyű-párok esetén az átlagtól való abszolút eltérés is kisebb, mint a nem alternáló párok esetén.

Fentebb már láttuk, hogy az egy kéz alá eső billentyűknél számít, hogy az alsó, alap, vagy felső sorhoz kell-e nyúlnunk. De mi a helyzet, ha a billentyűk nem egy kéz alá esnek? Az adatokat három csoportra érdemes osztani a sorok billentyűzetén való elhelyezkedése alapján:

párok típusa	átlagos leütési idő
0-1, 2-3, 0-3, 1-2 1-0, 3-2, 3-0, 2-1	113,50
4-5, 5-4	141,93
0-6, 1-6, 2-6 6-0, 6-1, 6-2	
egyéb	122,71

4.2.7-2 táblázat: sorok hatása alternáló párok esetén

Figyelembe véve azt is, hogy az alternáló párok közt a leütési idők kevésbé térnek el egymástól, mint a többi pár esetén, a csoportok közti különbségek felértékelődnek.

4.3 Szimmetria vizsgálata

A kérdés az, hogy ha az (a, b) párnak létezik a leütési ideje, hozzárendelhetjük-e ezt az időt a (b, a) párhoz is? Összesen 246 olyan pár áll rendelkezésre, ahol az (a, b) és a (b, a) billentyű-párnak is van számolt leütési ideje. Az ilyen szimmetrikus párok közt átlagban 24ms az

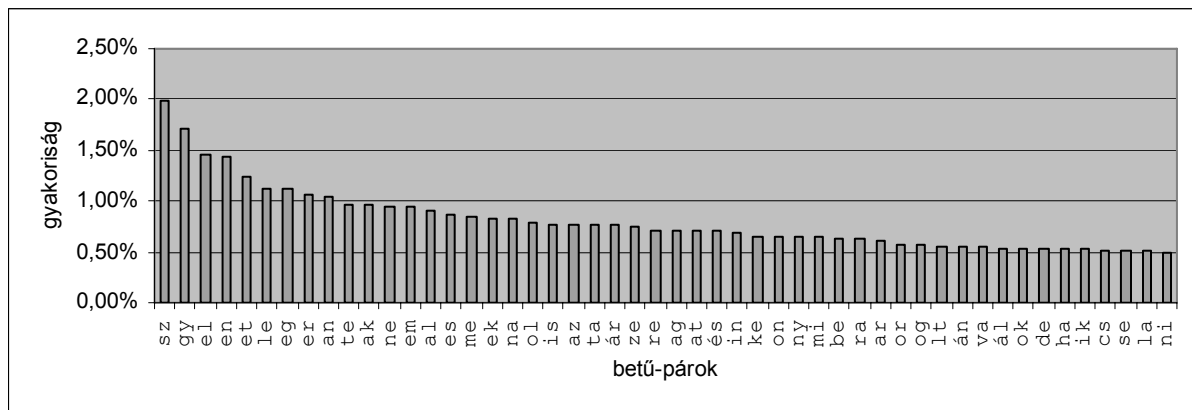
eltérés, míg tetszőleges párokra nézve ez az érték 43ms. Ez okot ad az ilyen párok további vizsgálatára.

Azt már a korábban láthattuk, hogy az alternáló és a nem alternáló billentyű-párokat érdemes külön kezelni, ezért most is megnéztem, hogyan alakulnak a két csoportban az eltérések. Az egy kéz alá eső billentyű-pároknál 28ms, míg az alternáló pároknál 20ms-os az eltérések átlaga. Ezek után azt vizsgáltam hol helyezkednek el a billentyűzetten azok a párok, ahol az átlagnál kisebb az eltérés, és hol azok, ahol nagyobb. A két csoport közt azonban nem találtam jelentős eltérést. Így hiába a biztató időkülönbség, nem sikerült meghatározni mely feltételnek eleget tevő pároknál lehetne a hozzárendelést megvalósítani.

4.4 Gyakoriság és a leütési idő

A befolyásoló tényezők közül nem felejtethjük ki a gyakoriságot sem. A gépelés során egyes billentyűket szinte elkoptatunk, míg más billentyűkhöz hozzá sem érünk. Ki ne járt volna úgy életében, hogy, bár folyamatosan tud gépelni, egy-egy ritkán előforduló betűnél mégis megakadt egy pillanatra? Minél többször fordul elő egy betű, annál gyakorlottabbak vagyunk a gépelésében. A gyakorlat szerepe pedig elvitathatatlan. Ennek ellenére az alternatív billentyűzetkiosztásokról szóló cikkek közt kevés akad [2], ami foglalkozik vele. Persze, ahol nem idők, hanem távolság alapján rangsorolják a billentyűket, ott ez a probléma fel sem merül.

A gyakoriság és a leütési idő közti kapcsolat vizsgálatához először Ady Endre összes prózai művében számoltam össze a betű-párokat [10]. A gyakoriságok [0-100323] tartományba esnek.



4.4-1 ábra: a leggyakoribb 50 betű-pár

Ez után megnéztem, hogy az egyes párok leütési ideje hogy viszonyul a 4.1-1-es táblázatban szereplő csoportok leütési idejéhez. A leggyakrabban szereplő 50 pár közül 41 kisebb leütési idővel rendelkezik, mint a csoportátlag. Az 1141 párból, majdnem 900 pár gyakorisága 0 és 0,1% közt van, a gyakoribb párok közt viszont megnőnek a különbségek, ezért a gyakoriságok és a leütési idők közti korreláció számításánál a gyakoriságok helyett annak logaritmusával számoltam. Az alternáló párok leütési idei és gyakoriságuk logaritmusá közt a korreláció -0,51. A nem alternáló pároknál is hasonló az eredmény: -0,54. A gyakorlat, és a leütési idő közt tehát van kapcsolat, de ez számunkra koránt sem szerencsés.

5 Hiányzó adatok pótlása

Ennyi táblázat és milliszekundum látványa után joggal várhatja az olvasó, hogy valami eredmény is szülessen az adatok pótlásával kapcsolatban. Az alternáló pároknál a legerősebb befolyásoló tényezők a következők voltak:

1. a pár tagjai melyik sorban, sorokban helyezkednek el
2. a pár milyen gyakran fordul elő a magyar nyelvben.

Az egykéz alá eső pároknál még egy tényező jön a fentiekhez:

3. a pár tagjait melyik ujjal kell leütni

Ezeket a befolyásoló tényezőket alapul véve és az *An Analysis of The Standard English Keyboard* [2] szerzőinek állítását, miszerint a lineáris regresszió hasonlóan jó eredményt ad, mint az exponenciális, felírható a következő egyenlet:

$$5.1 \quad E(a, b) = t + cX(a, b) + dY(a, b) + fZ(a, b) + e,$$

ahol $X(a, b) = E(Cs(i), Cs(j))$, ahol $a \in Cs(i)$, $b \in Cs(j)$ és $i, j \in \{0, \dots, 6\}$ ², $Y(a, b)$ az (a, b) pár gyakoriságának kettesalapú logaritmus, $Z(a, b) = E(Cs(k), Cs(l))$, ahol $a \in Cs(k)$, $b \in Cs(l)$ és $k, l \in \{A, \dots, H\}$ ³, e pedig a hibatag. Alternáló párok esetén $f=0$.

Mivel $E(a, b)$ elég sok párra ismert, $X(a, b)$, $Y(a, b)$ és $Z(a, b)$ pedig könnyen kiszámolható, ebből meghatározva t, c, d, f értékeket a következő két egyenlethez jutunk [18]:

alternálók esetén:

$$5.2 \quad E(a, b) = 102,16 + 0,65X(a, b) - 5,40Y(a, b)$$

nem alternálók esetén:

$$5.3 \quad E(a, b) = 48,39 + 0,40X(a, b) - 6,69Y(a, b) + 0,75Z(a, b)$$

Az eredeti és a becsült értékek eltérésének mediánja alternáló pároknál 13ms, nem alternálóknál 20ms lett. Fentebb már utaltam rá mennyire szerencsétlen helyzet, hogy a gyakoriság és a leütési idő közt kapcsolat van, ugyanis az új billentyűzet készítésénél nem az érdekes, hogy az (a, b) pár leütése mennyi időt vesz igénybe a gyakorlatban, hanem az, hogy

²Az $E(Cs(6), Cs(6))$ nem létezik, a pontosabb eredmény érdekében bevezetett korlát miatt. Itt a mérések alatt gyűjtött értékek átlagával számoltam, ami 203ms.

³Az $E(Cs(B), Cs(B))$ sem létezik. Ennek értékét 200ms-nek vettem.

mennyi idő lenne ez, ha minden billentyűt ugyan annyiszor használnánk. A lineáris regresszió legnagyobb haszna a d paraméter meghatározása volt, hiszen a $dY(a, b)$ értékeket levonva a leütési időkből valamennyire „semlegesíthetjük” a gyakoriság okozta hatást. Az így kapott leütési időket E' -vel jelölöm.

Hogy kiderüljön tényleg a gyakorlat volt-e a felelős a csoportosítások és az idők gyenge kapcsolataért, újra végrehajtottam a 4.1-1 pontban látott csoportosítást, de ezúttal a korrigált adatokon. Az új táblázat a következő képen alakult:

Cs(i)/Cs(j)	0	1	2	3	4	5	6
0	222,17	177,94	228,60	172,78	260,08	178,29	171,92
1	181,44	212,81	180,68	239,79	172,87	269,41	216,88
2	226,43	175,87	210,60	178,67	236,69	180,87	182,57
3	182,50	224,77	173,68	211,36	175,53	234,89	244,94
4	249,18	193,82	213,91	177,18	240,13	185,20	187,25
5	185,78	247,25	190,90	223,08	182,64	241,75	225,00
6	188,89	243,00	170,58	256,27	184,40	264,57	-

5-1 táblázat: korrigált adatok csoportosítása

A fenti számításokat elvégezve az $\frac{SST}{SSK} \cdot 100 = 56\%$. (Ez az érték 37% volt az eredeti adatokra.) Úgy tűnik a gyakoriságok kiküszöbölése, megkönnyíti a számunkra lényeges befolyásoló tényezők meghatározását.

A gyakoriságok most már nem számítanak, így az adatainkat leíró egyenlet alakja a következő lett:

$$5.4 \quad E'(a, b) = t + cX'(a, b) + fZ'(a, b) + e,$$

ahol $X'(a, b) = E'(Cs(i), Cs(j))$, ahol $a \in Cs(i)$, $b \in Cs(j)$ és $i, j \in \{0, \dots, 6\}$, $Z'(a, b) = E'(Cs(k), Cs(l))$, ahol $a \in Cs(k)$, $b \in Cs(l)$ és $k, l \in \{A, \dots, H\}$, e a hibtag. Alternáló párok esetén f most is 0.

A paraméterek meghatározása után a következő egyenletekhez jutunk [18]:

alternálók esetén:

$$5.5 \quad E'(a, b) = 163,22 + 0,09 \cdot X'(a, b)$$

nem alternálók esetén:

$$5.6 \quad E'(a, b) = -140,02 + 0,65 \cdot X'(a, b) + 0,94 \cdot Z'(a, b)$$

A hiányzó leütési időket a fenti két egyenlet alapján becsülöm. Nyilván ez számos azonos értéket generál, a valóságban pedig szinte minden billentyű-leütéshez más-más idő tartozik. Szerencsénkre Kökény Sándor-Kökény Sándorné a tanároknak szóló könyvükben adnak egy listát a nagyon nehéz mozdulatokról. Hangsúlyozzák, hogy ezen billentyű-párok leütése, akár többszöröse is lehet a szokásos leütéseknek, így ha egy párra nem volt tényleges mérési adat, az általuk készített listán ellenőriztem nehéz mozdulatnak számít-e a billentyű-pár leütése vagy sem.

6 Billentyűzet-kiosztás tervezése

A lehetséges kiosztások száma túl nagy ahhoz, hogy minden variációt létrehozzunk, és kiértékeljünk. Ilyen optimalizálási problémák esetén elterjedt módszer valamilyen evolúciós program alkalmazása, ezért az új kiosztás meghatározásánál én is ezt a módszert választottam. Az evolúciós programok, a természet működését utánozzák (szelekció, öröklődés, kereszteződés, mutáció).

A populáció egyedei (a, x) alakú rendezett párok 38 elemű halmaza, amely egy billentyűkiosztást ír le. Az (a, x) pár azt jelenti, hogy az eredeti billentyűzetkiosztás 'x' betűjének helyére 'a' kerül az új kiosztásban. A lehetséges billentyűkiosztások halmazát P -vel jelöljük.

A kezdeti $p_0 \in P$ populációban $n-1$ véletlenszerűen létrehozott egyed, és a standard magyar billentyűzet-kiosztást leíró egyedet szerepeltettem.

A jóságfüggvényt egy e egyedre a következő módon határoztam meg:

$$6.1 \quad J(e) = -\sum_{(a,x) \in e} \sum_{(b,y) \in e, a \neq b} [G(x,y) \cdot E(x,y) \cdot \delta(x,y)],$$

ahol $\delta(x, y)$ értéke 2, ha (x, y) nehéz mozdulatnak számít, egyébként nulla.

6.1 Generációk

A legtöbb fejtörést a populációk megfelelő fejlesztése okozza. Fenn kell tartani a változatosságot, nehogy egy lokális maximumnál akadjon meg a program, ugyanakkor nem szabad, hogy a változatosság során elveszítsük a legjobb egyedeket. Éppen ezért az új generáció többféle egyedtypusból áll össze, az arányok pedig paraméterek segítségével változtathatók.

Az n méretű populáció egyedei közül a legjobb x megmarad. Valamint túlélő lesz y számú véletlenszerűen kiválasztott billentyűzet kiosztást is. További z helyre a változatosság

megőrzése érdekében véletlenszerűen generált kiosztás kerül. A maradék a túlélők mutációjával áll elő.

6.2 Mutáció

A mutáció során m véletlenszerűen kiválasztott billentyűt cserélek fel, ahol egy csere például a (a, x) , (b, y) helyett (b, x) , és (a, y) lesz.

6.3 Fejlődés

Az evolúciós algoritmusok során lényeges lépés az egyedek keresztezése. Ennek célja, hogy a két különböző egyedben lévő jó tulajdonságot mutató gének megjelenhessenek egy, a keresztezés során létrehozott egyedben. A keresztezés után az új egyedet összehasonlítják a domináns szülővel, és a kettő közül a jobb kerül be az új generációba. A billentyűzet-kiosztásnál ezt az elvet nehéz lenne megvalósítani, ezért helyette a meglévő egyedek tulajdonságának javítását vezettem be. Az újabb generáció létrehozása előtt minden meglévő egyedben felcserélek f db billentyű-párt, de csak akkor, ha az javít az egyed rátermettségén. (Tehát itt egy szülő egyed, és ennek megváltoztatott változata harcol a túlélésért.)

6.4 Leállási feltétel

Ha 10 egymást követő generáció alatt sem történik ε értékű javulás, a program befejeződik. ε az egy billentyűpár leütésnél elvárt átlagos javulás. Mivel egy körben a billentyű-párok töredékét cseréljük fel, ezért ε értékét kicsire érdemes választani ($0 < \varepsilon < 0,005$).

6.5 Paraméterek meghatározása

A program ésszerű paraméterek mellett viszonylag hamar befejezi működését, így lehetőségem volt többféle beállítás kipróbálására. A tesztelés során a populáció létszámát 100 és 2500 közt változtattam. A generációk száma a paraméterek függvényében általában 50-15000 közt volt.

A futás közben létrehozott napló alapján hamar egyértelművé vált, hogy a véletlenszerűen létrehozott billentyűzetek nem jelentenek megoldást a populáció későbbi fejlesztésére. Még ha az új generáció egyedei jelentős részben (40%) véletlenszerű kiosztással álltak elő, akkor sem került ilyen kiosztás a populáció legjobb elemei közé (a kezdeti populáció persze kivétel). Ezért a z paraméter értékét későbbiekben nullának vettem.

Ez egy napló részlet, 500-as létszám mellett $x=40$, $y=40$ és $z=0$ paraméterek mellett. A 438 generáció alatt az 1. generáció volt az utolsó, ahol véletlen kiosztás bekerült a legjobbak közé:

```

-----
1. GENERÁCIÓ
eddig vizsgált egyedek: 500
-----
1. egyed:
érték: -1002683927.00
típus: Spec
szülő típus: Nincs
E(a,b) átlag: 199.40

      öüó
qwertzuiopóú
asdfghjkléáú
íxcvbnm,.-

2. egyed:
érték: -1017199486.00
típus: Random
szülő típus: Nincs
E(a,b) átlag: 202.29

      rhq
íúúőüü.jbnm-
xiéaásgcópwt
uoeyk,ölvfz

3. egyed:
érték: -1045625683.00
típus: Random
szülő típus: Nincs
E(a,b) átlag: 207.94

      ,t-
úímölnk.ührb
eiázyéőugpsd
xcoófwaújvq

```

6-1 ábra: evolúciós program napló részlete

A naplóban használt kifejezések magyarázata:

- érték: a 6.1-nél megadott jóságfüggvény értéke.
- típus: megadja, hogy az adott kiosztás milyen módon keletkezett:
 - Random: véletlenszerűen generált billentyűzet kiosztás

- Mutáció: Egy szülő egyed mutációja során jött létre
- Spec: Explicit módon megadott billentyűzet (pl: QWERTY)
- Jó_túlélő: Az előző generáció során a legjobb egyedek közé tartozott
- Rnd_túlélő: Az előző generációból véletlenszerűen megmaradt egyed
- szülő típus: ha van szülő, akkor annak a típusát adja, különben az értéke Nincs
- E(a,b) átlag: egy billentyű átlagos leütési ideje az adott kiosztásnál
- Egy billentyű kiosztás, ahol a betűk rendre a QWERTY billentyűzet itt felsorolt betűi helyére kerülnek:

```

        öüó
qwertzuiopőú
asdfghjkléáű
ixcvbnm,.-

```

A véletlenszerű billentyűzetkiosztásokhoz hasonlóan jártak a véletlenül kiválasztott túlélők is. Mutáció és fejlődés után sem tudtak bekerülni az első húsz százalékba, csupán a korai generációknál vannak jelen. A negyedik – ötödik generációtól kezdve a legjobb egyedek változatai foglalják el az első helyeket. Szóval az y paramétert is nullázhatjuk.

A probléma ezzel csupán az, hogy ez a fenti két tényező biztosította volna a populáció változatosságát. De egyelőre nincs okunk az ijedségre, van még elég paraméterünk. Várhatóan a fejlődésnél és a mutációnál használt f , és m értékének változtatásával az egyedek közti eltérések is változni fognak. Az f paraméter növelésével vigyázni kell. Túl magas értéknél nagy lesz a hasonlóság a billentyűzet egyedi közt, amely korai leálláshoz vezet. Legrosszabb esetben egy billentyűzet-kiosztást fog javítgatni a program, amíg talál rá módot, de egy idő után már nem lesz használható csere. És ez itt a baj! A fejlődés egy mohó algoritmus, mert csak az olyan cseréket engedi meg, amelyek közvetlen haszonnal járnak, pedig hosszabb távon szükséges egy-egy rosszabb cserébe is belemenni, mert az újabb, javulást hozó csere lehetőségeket teremthet. Ezeket az esetlegesen rossz cseréket szabályozhatjuk az m értékének változtatásával.

A legjobb billentyűzetkiosztás megtalálása érdekében a paramétereket egy tágabb tartomány meghatározása után, adott közönként változtattam. 300 feletti létszámnál a program kivétel nélkül 180ms alatti átlagos leütési idejű kiosztásokat talált.

Többféle kiosztás volt az egy-egy futás során legjobbnak talált egyedek közt, mégis mindig a billentyűzet azonos oldalára került az összes magánhangzó. A standard dvorak billentyűzet bemutatásánál említettem, hogy a magánhangzók alapsorra helyezésével Dvorak két legyet ütött egy csapásra. Ezzel a felemás kiosztással mi háromszorosan is jól járunk. Egyrészt, mert nálunk is gyakori betűk kerültek az alapsorra. Másrészt, mert ez nálunk is növeli a váltakozó kézzel való leütés valószínűségét, és nem utolsó sorban magyar nyelv azon sajátosságának köszönhetően, hogy sem a túl sok magánhangzót, sem a túl sok mássalhangzó nem szerepel egymás mellett, ritkán fog előfordulni, hogy egy ujjal kell leütöni egy billentyű-párt.

```

n=1700 x=170 y=0 m=40 f=2

-----
343190. GENERÁCIÓ
eddig vizsgált egyedek: 9564210850
-----
1. egyed:
érték: -899644530.00
típus: Jó_túlélő
szülő típus: Jó_túlélő
E(a,b) atlag: 178.91

      iqc
fbkghou.éúxő
tnszlaeu,úyi
mdvjpráo-őw

2. egyed:
érték: -901309214.00
típus: Jó_túlélő
szülő típus: Jó_túlélő
E(a,b) atlag: 179.24

      tqw
óö,őyz-gmsfb
áei.orldkjhv
aíüéúunűpcx

3. egyed:
érték: -902562175.00
típus: Jó_túlélő
szülő típus: Jó_túlélő
E(a,b) atlag: 179.49

      mwp
óüüőyzvgtstfb
áei,orljkdh
aúíécön-űxq

4. egyed:
érték: -902867283.00
típus: Jó_túlélő
szülő típus: Jó_túlélő
E(a,b) atlag: 179.55

```

6-2 ábra: legjobb futás eredménye

Egy olyan futtatás végeredménye, ahol az előző legjobbja is szerepelt a kezdeti populációban:

```
n=100 x=10 y=0 m=0 f=6

-----
54. GENERÁCIÓ
eddig vizsgált egyedek: 16300
-----
1. egyed:
érték: -899559585.00
típus: Jó_túlélő
szülő típus: Jó_túlélő
E(a,b) atlag: 178.89

      iqc
fbkghoü,éúxő
tnszlaeu.úyí
mdjvpráo-öw
```

6-3 ábra: legjobb egyed

A legjobb egyedek $n=1100$ -nál és $n = 1700$ -nál jöttek létre: 178,91-179,00ms. A futás során létrejövő generációk számát az n mellett jelentősen növelte, ha nagy volt a jó tulajdonságú túlélők aránya és a mutációk száma. n növelése már nem hozott további javulást.

7 Billentyűzet-kiosztás kiválasztása

A program által meghatározott billentyűzet-kiosztások közt már elenyésző különbségek vannak a gépelési sebességet illetően, ám ahhoz, hogy egy billentyűkiosztás jól használható legyen a hibamentes gépelést is elő kell segítenie. Egy hiba javítása a hiba típustól függően minimum két-három plusz leütést jelent, ráadásul a ritmusból is kiesik a gépelő. Az *An Analysis Of The Standard English Keyboard*[4] szerzői összegyűjtötték, és elemezték a leggyakrabban előforduló hibákat, és megnézték, milyen okokra vezethetőek vissza.

A tanulmány szerint a betű kihagyás a leggyakoribb probléma, ez a hibák 65,2%-át teszi ki. Gyakori hibaforrás a „dupla leütés” is, vagyis, hogy előbb ütjük le a következő billentyűt, mint ahogy a másikat felengednénk (22,5%). Mivel a betűkihagyás messze a legjelentősebb, ezért ennek az okait próbálták meghatározni. Arra jutottak, hogy ez a hiba leginkább akkor fordul elő, amikor alternáló és a nem alternáló leütések közt váltunk, ugyanis az alternáló billentyű-párokat gyorsabban ütjük, és ez határon szinkronizációs problémákat eredményez. A billentyűzet-kiosztás kiválasztásakor, tehát azt is szem előtt kell tartani, hogy a szavak gépelése közben minél kevesebb váltásra legyen szükség.

Magyarországon is készült felmérés a gépelési hibákkal kapcsolatban, nálunk a fentiekől eltérő eredmény született [14].

„A hibastatisztikai kutatások azt bizonyították, hogy a hibaféleségek között a legnagyobb hibacsoportot a téves leütések (a szükséges betű helyett másikat írunk) adták, ezek az összes hibázás több mint 70 százalékát teszik ki.”

A hibák okainak felderítése során arra jutottak, hogy a legkönnyebben a szomszédos, vagy szimmetrikus betűk téveszthetők össze, valamint azok, ahol hangzási, vagy grafikai hasonlóság áll fenn. Emellett még azt is kimutatták, hogy a hibák nagyobb valószínűséggel fordulnak elő, ha a fenti tényezők együttesen szerepelnek. Ezeket a tényezőket nem tudjuk kiiktatni, de az együttes fellépés valószínűségét csökkenthetjük, ha azt a billentyűzetet választjuk, ahol a legkevesebb hasonló hangzású, vagy kinézetű betű került egymás mellé.

Hasonló hangzású és/vagy alakú betűk(kettős betűk kivételével)[19]:

t-f; t-g; h-n; v-r; d-p; u-n; v-f; g-k; b-p; d-t; k-v;

c-s; c-t; d-n; t-n; j-n; t-k; d-g;

b-d; m-n;

o-ó; o-ö; o-ő; ó-ö; ó-ő; ö-ő; u-ú; u-ü; u-ű; ú-ü; ú-ű; ü-ű; a-á; e-é; i-í;

Ha ilyen párok kerülnek egymás mellé, akkor megnő a valószínűsége az összes olyan pár elgépelésének, ahol legalább az egyik tag keverhető.

A fent látott kiosztásokat kiegészítettem a futások során létrejött legjobb egyedekkel. Így összesen húsz kiosztást vizsgáltam a hibázási lehetőségek alapján. Első ránézésre nagyon hasonlítanak az alábbi kiosztások, mert eltérések szinte csak az egy sorban lévő billentyűk sorrendjében vannak.

	Kiosztás	Téveszthető	Váltás	E(a,b)átlag
A	i-udvtrhaúyéíú.knszloeőcq,ömfpgjbaóxüw	0%	2,29	179,31
B	áíxdvtrhaqyéőú.knszloeőc-,umfpgjbiüüów	1%	2,29	179,27
C	áúúdvtrhaüyéő.öknszloeuc-,ímfpgjbiówqx	1%	2,29	179,33
D	éxqdvtrhaíyáú-uknszloeőc.,ömfpgjbióúüw	1%	2,29	179,34
E	áxwdvtrhaqyéíüüknszloeőc.,ömfpgjbióúü-	2%	2,29	179,27
F	ííckvtrhaüyéúq.dnszloeőü-,ömfpgjbaóúxw	5%	2,29	179,33
G	iqcfbkghoü,éúxőtnszlaeu.üýmjdjvpráó-öw	8%	2,39	178,89
H	iqcfbkghoü.éúxőtnszlaeu,üýmjdjvpráó-öw	8%	2,39	178,90
I	iqcfbkghoü.éúxőtnszlaeu,üýmjdjvpráó-öw	8%	2,39	178,91
J	iwcfbkghoú,éőíütnszlaeu.óyxmdjvpráóü-q	8%	2,39	179,11
K	tqwóö,őyz-gmsfbáei.orldkjhvaíüéúunüpcx	9%	2,27	179,24
L	iwcfbkghoü,é.xútnszlaeóuüýmjdjvpráó-öq	9%	2,39	179,03
M	ixcfbkghoí,é.wótnszlaeu-őyqmdjvpráóüüőü	9%	2,39	179,09
N	iúxfjkghoú,é-qótnszlaeu.őýmdbvpráüöw	12%	2,39	179,10
O	icxfjkghoí,éőúwtnszlaeóu.yqmdbvpráü-őü	12%	2,39	179,13
P	iúcfvkghoí,éúxütnszlaeü.ýwmdbjpráó-öq	18%	2,39	179,00
Q	iwcfvkghoú,éíüütnszlaeóu.yqmdpjbráó-öx	18%	2,39	179,09
R	iqwfvkghoí,éőüütnszlaec-.yumdpjbráóüöx	18%	2,39	179,10
S	ixqfvkghoí.éüüótnszlaec.őyumdpjbráü-öw	18%	2,39	179,13
T	iwcfvkgháí,éőüótnszlaeu.-yqmdbjproüüöx	19%	2,39	179,02

7-1 táblázat: kiosztásból adódó hibák

A billentyűzetek elemzéséhet most is Ady Endre összes prózai művét tartalmazó szöveget használtam.

Téveszthető mező:

azt mutatja meg, hogy a szöveg gépelésénél, hány százalékban szerepelt olyan (a,b) pár, ahol b könnyen összekeverhető az adott billentyűzet-kiosztásban tőle jobbra, vagy balra lévő billentyűvel.

Váltás mező:

Megadja, hogy egy minimum 3 betűből álló szó leírása közben az adott billentyűzeten átlagosan hányszor kell váltani alternáló leütések, és nem alternáló leütések sorozata közt. Az ilyen szavak átlagos hossza: 6,98

Most már csak azt kell eldönteni, hogy a milliszekundumok, vagy a hibamentes gépelés pártjára álljunk-e a billentyűzet kiválasztásakor.

G-n lehet a leggyorsabban gépelni. A legjobb hiba tulajdonságokkal rendelkező kiosztás, pedig az A.

Nézzük először a hibázási esélyeket. A váltakozások számában 0,1 a különbség. A-n gépelve egy magyar nyelvű szöveget nem fordul elő olyan pár, ahol a kiosztás miatt nő a rontás valószínűsége. G-nál is csak 8%-ban. Kicsik az eltérések. Jelent-e ez annyit, hogy emiatt az A-t válasszuk? Ehhez jó lenne tudni, hogy mennyit hibázunk. Bár ez egyénekenként eltérő, de azért van egy elfogadható hibaarány. Az alábbi szöveg egy 9. osztályosok számára összeállított tanmenet részlete [14]:

Követelmény:	
Év végén 10 perc alatt legalább 800 leütésnyi terjedelmű, közepes nehézségű, összefüggő, ismeretlen szöveg másolása tízujjas vakírással, sortartással.	
800 leütés 10 perc alatt.	
Hibahatár:	
Jeles:	0,1%
Jó:	0,2%
Közepes:	0,3%
Elégséges:	0,4%
Elégtelen:	0,4% fölött.

7-1 ábra: tanmenet részlet

A hibamentes gépelésre mindenhol nagy hangsúlyt fektetnek. Már 1 évnyi gépírástanulás után is viszonylag alacsony hibaszázalékkal kell dolgozniuk a tanulóknak.

Tegyük fel, hogy a gépelés során 0,2% a hibáink száma. Ennek 70%-a téves leütés, vagyis kb. a 1,4 hiba/1000 leütés. Ezeknek a tévesztéseknek fő okozói a hasonló betűk, de szerencsére nem mindig az összekeverhető betűk vannak egymás mellett a billentyűzeteken. Az elemzett szöveg 80%-ban olyan betűket tartalmaz, amelyek könnyen összetéveszthető valamely másik betűvel. Ebből 8% olyan, ahol G kiosztáson van mellette hozzá hasonló betű. Azaz kevesebb, mint 0,1 hiba/1000 leütést magyarázhatunk a hasonló betűk egymás mellé kerülésével. Gyakori hibaforrás még a betű felcserélés. Ha feltételeznénk, hogy az összes többi hiba ebből ered, az akkor is csak 0,6 hiba/1000 leütés, ami azt jelenti, hogy a két billentyűzet közti eltérés 0,025 hiba/1000 leütés.

A két kiosztás átlagos leütési idői közt 0,42ms az eltérés G javára. Ez azt jelenti, hogy G-n gépelve kb. minden 426. leütés után jut időnk egy plusz leütésre, és csak minden 8000. leütésnél veszünk egy leütést. Az a szerencsés helyzet állt elő, hogy a legjobb idővel rendelkező billentyűzet kiosztás hibatulajdonságait tekintve is jó, ezért az új kiosztásnak a G-t választottam. (Hasonlóan jó a H-val, és I-vel jelölt kiosztás is.)

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	I	Q	C	← Backspace
Tab ←	F	B	K	G	H	O	Ü	,	É	Ú	X	Ő	↵
Caps Lock ↑	T	N	S	Z	L	A	E	U	.	Ű	Y	Í	
Shift ↑	M	D	J	V	P	R	Á	Ó	-	Ö	W	Shift ↑	
Ctrl	Alt										Alt Gr	Ctrl	

7-2 ábra: az új kiosztás

Adós vagyok még az új és a QWERTY billentyűzet összehasonlításával.

	QWERTY	ÚJ
Téveszthető	9%	8%
Váltás	2,84	2,29
Alternálás	52%	77%
Alapsori leütések	13%	32%
Átlagos leütési idő	199,40ms	178,89ms

7-2 táblázat: az új és a QWERTY billentyűzet összehasonlítása

Amint a 7.2 táblázatban látható, az új kiosztáson az alapsori leütések, és az alternálás aránya jelentős mértékben növekedett a QWERTY-hez képest, és a hibázási lehetőségeket is sikerült kis mértékben csökkenteni. Mindezek eredményeként, csak a billentyűzet kiosztás lecserélésével, a gépelési sebesség körülbelül 10 százalékkal növelhető.

8 Összefoglalás

A billentyűzet kiosztások közt a QWERTY még mindig egyeduralkodónak számít. Néhány nemzet alternatív kiosztású billentyűzetéhez is hozzájuthatunk, de a legtöbb kiosztás csupán elméletben létezik. Az ilyen billentyűzet-kiosztásokat ellenzők gyakran érvelnek azzal, hogy a QWERTY-n is elég gyorsan lehet gépelni, de úgy gondolom, a kezdeti nehézségek ellenére megéri váltani. Angliában a kezdeteknél már egyszer megtörtént a váltás, igaz, akkor ez a kor technikai lehetőségei miatt szükséges volt, és csak keveseket érintett, de ez azt mutatja, hogy a váltás lehetséges.

De miért nem terjednek széles körben az alternatív kiosztások, az egyértelmű előnyeik ellenére sem? Miért nem kerülnek gyártásra az elméletben jobb kiosztások? Az utóbbira egyszerű a válasz. Az ilyen billentyűzetekre kicsi a kereslet. Ennek oka pedig a gépírás-oktatásban rejlik. Amíg az iskolákban kizárólag QWERTY billentyűzeten tanítják a gépelést, addig más kiosztásoknak nincs esélyük. A tanulás során rögzülnek az egyes betűk eléréséhez szükséges mozdulatok. Megszokjuk a betűk helyét az adott kiosztáson, ezért egy másik kiosztásra való áttérés (ha egyáltalán felmerül valakiben az igény) nem könnyű feladat. Másrésztől, amíg az alternatív billentyűzeteket nem gyártják, a tanárok lehetősége is kimerül abban, hogy felhívják a diákok figyelmét a dvorak kiosztás előnyeire, esetleg szoftveres megvalósításokat keresnek az alternatív billentyűzeten való gépelés oktatásához. Ilyen körülmények közt az új kiosztások széles körben való elterjedése nem várható, viszont jelentősége lehet a gépírás szakmában dolgozók számára, akik nyitottabbak bármilyen kiosztás, vagy módszer felé, amellyel a gépelés kényelmesebbé tehető, vagy a gépelési sebesség növelhető.

Felhasznált irodalom

Elektronikus dokumentumok

- [1] http://webopedia.internet.com/TERM/D/Dvorak_keyboard.html
- [2] An Analysis Of The Standard English Keyboard
<http://portal.acm.org/citation.cfm?id=990174.990218>
- [3] <http://klausler.com/evolved.html>
- [4] The Development Of The Arensito Layout
http://www.pvv.org/~hakonhal/main.cgi/keyboard/Arensito_Layout.htm
- [5] Robert Parkinson, Missisauga, Ontario: The Dvorak Simplified Keyboard
<http://infohost.nmt.edu/~shipman/ergo/parkinson.html>
- [6] Do-It-Yourself Keyboard Study
<http://www.mwbrooks.com/dvorak/counts.html>
- [7] <http://millikeys.sourceforge.net/freqanalysis.html>
- [8] <http://www.mclld.co.uk/decipher/german.htm>
- [9] <http://pages.central.edu/emp/LintonT/classes/spring01/cryptography/letterfreq.html>
- [10] <http://mek.oszk.hu/00500/00583/00583.doc>
- [11] <http://www.shiar.org/happy/txts/dvoraklv.php>
- [12] <http://www.santacruzpl.org/readyref/files/g-l/ltfrqger.shtml>
- [13] http://www.aronetis.com/freq_en.html
- [14] http://www.illyes-bors.sulinet.hu/uj/oktatas/Tanmenet/LantosM/2004_2005/9.htm
- [15] Tanári kézikönyv a gépirás és a szövegszerkesztés tanításához
<http://www.nettankonyv.hu/mi/dl?fp=tanarikk&fn=RE58312.doc>
- [16] <http://inventors.about.com/library/inventors/bltypewriter.htm>
- [17] <http://atom.ubbcluj.ro/iszm/upload/ksimon.pdf>
- [18] www.setaga.com – Sagata Regression

Könyvek

- [19] A Magyar Nyelv Könyve
Hetedik átdolgozott és bővített kiadás;
Főszerkesztő: A. Jászó Anna
Trezor kiadó, Budapest 2004

- [20] Hunyadi László; Vita László; Statisztika közgazdászoknak Központi Statisztikai Hivatal, Budapest 2005; ISBN: 963 215 742 7

Ábra jegyzék

2.1-1 ÁBRA: ANGOL DVORAK BILLENTYŰZET	6
2.1-2 ÁBRA: BETŰGYAKORISÁGOK AZ ANGOL NYELVBEN.....	6
2.1-3. ÁBRA: BETŰ-PÁROK GYAKORISÁGA AZ ANGOL NYELVBEN	7
2.2-1 ÁBRA: SVÉD DVORAK BILLENTYŰZET	7
2.2-2 ÁBRA: NÉMET DVORAK BILLENTYŰZET I.	8
2.2-3 ÁBRA: NÉMET DVORAK BILLENTYŰZET II.	8
3.1-1 ÁBRA: BILLENTYŰ-PÁROK LEÜTÉSE KÖZT ELTELT IDŐK GYAKORISÁGA	11
4.1-1 ÁBRA: AZ ANGOL BILLENTYŰK CSOPORTOSÍTÁSA.....	12
4.1-2 ÁBRA: A MAGYAR BILLENTYŰK CSOPORTOSÍTÁSA I.....	13
4.1-3 ÁBRA: A MAGYAR BILLENTYŰK CSOPORTOSÍTÁSA II.	13
4.4-1 ÁBRA: A LEGGYAKORIBB 50 BETŰ-PÁR.....	20
6-1 ÁBRA: EVOLÚCIÓS PROGRAM NAPLÓ RÉSZLETE	26
6-2 ÁBRA: LEGJOBB FUTÁS EREDMÉNYE	28
6-3 ÁBRA: LEGJOBB EGYED.....	29
7-1 ÁBRA: TANMENET RÉSZLET	32
7-2 ÁBRA: AZ ÚJ KIOSZTÁS	33

Táblázat jegyzék

2.2-1 TÁBLÁZAT: NÉMET DVORAK BILLENTYŰZET I-II ÖSSZEHOSONLÍTÁSA	9
4.1-1 TÁBLÁZAT: A MAGYAR BILLENTYŰZET CSOPORTOSÍTÁSA	14
4.2.1-1 TÁBLÁZAT: EGY KÉZ ALÁ ESŐ BILLENTYŰK LEÜTÉSE	15
4.2.1-2 TÁBLÁZAT: AZONOS SORBAN LÉVŐ BILLENTYŰK LEÜTÉSE	15
4.2.2-1 TÁBLÁZAT: AZONOS UJJ ALÁ ESŐ BILLENTYŰK LEÜTÉSE	16
4.2.4-4 TÁBLÁZAT: EGY KÉZ ALÁ ESŐ KÜLÖNBÖZŐ OLDALON LÉVŐ BILLENTYŰK LEÜTÉSE	16
4.2.5-1 TÁBLÁZAT: EGY KÉZ ALÁ ESŐ NEM SZOMSZÉDOS UJJAKKAL VALÓ LEÜTÉS	17
4.2.6-1 TÁBLÁZAT: EGY KÉZ ALÁ ESŐ SZOMSZÉDOS UJJAKKAL VALÓ LEÜTÉS	17
4.2.7-1 TÁBLÁZAT: EGY KÉZ ALÁ ESŐ ÉS ALTERNÁLÓ LEÜTÉSEK.....	18
4.2.7-2 TÁBLÁZAT: SOROK HATÁSA ALTERNÁLÓ PÁROK ESETÉN.....	18
5-1 TÁBLÁZAT: KORRIGÁLT ADATOK CSOPORTOSÍTÁSA	22
7-1 TÁBLÁZAT: KIOSZTÁSBÓL ADÓDÓ HIBÁK	31
7-2 TÁBLÁZAT: AZ ÚJ ÉS A QWERTY BILLENTYŰZET ÖSSZEHOSONLÍTÁSA	33

Függelék

Billetnyű-párok leütése idei (ms)

	ö	ü	ó	q	w	e	r	t	z	u	i	o	p	ó	ú	a	s	d	f
ö	10	-	-	-	-	-	100	110	110	-	-	-	-	-	-	-	94	110	-
ü	-	10	-	-	-	-	126	125	162	-	-	-	-	-	-	-	139	-	-
ó	-	-	10	-	-	-	110	110	151	-	196	-	215	-	-	150	110	110	-
q	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
w	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
e	-	189	-	-	-	10	110	120	110	110	120	202	110	165	205	180	110	172	130
r	97	93	110	-	-	90	130	160	110	94	90	91	-	109	196	90	140	156	203
t	100	110	110	-	-	70	188	130	-	100	90	90	151	93	110	90	140	201	171
z	90	120	110	-	-	90	140	110	120	156	120	100	150	110	125	100	109	100	150
u	-	-	-	-	-	-	110	110	-	10	-	-	172	-	-	-	123	91	-
i	-	-	150	-	-	125	123	110	110	110	10	150	219	-	-	110	110	90	90
o	-	-	-	-	-	-	120	110	110	-	157	10	166	-	-	180	100	120	110
p	-	172	211	-	-	80	110	160	110	150	130	105	111	180	-	94	125	-	-
ó	-	-	-	-	-	110	110	110	130	-	160	220	-	10	-	-	109	110	-
ú	-	-	-	-	-	-	121	120	210	-	-	-	-	-	10	-	140	-	-
a	-	165	-	-	-	130	110	100	110	170	110	187	110	-	-	10	110	120	180
s	90	150	136	-	-	90	172	150	91	94	94	90	150	100	130	94	140	-	141
d	110	-	121	-	-	161	172	180	-	109	90	90	-	109	-	110	130	10	130
f	180	140	190	-	-	78	188	-	-	-	105	90	-	120	-	94	-	-	10
g	115	135	181	-	-	94	188	172	110	90	93	90	-	211	151	93	151	218	190
h	102	-	170	-	-	90	-	97	190	203	100	70	-	-	204	100	-	-	-
j	141	170	170	-	-	90	130	121	-	161	-	100	-	-	211	100	141	90	-
k	140	190	180	-	-	90	116	123	-	130	161	110	-	-	211	101	110	157	-
l	190	189	187	-	-	90	130	110	185	146	125	170	190	140	195	91	110	91	100
é	-	-	-	-	-	123	110	101	140	-	150	-	190	-	-	-	96	70	-
á	-	-	-	-	-	-	110	120	130	125	200	219	-	-	-	135	100	100	164
ú	-	-	-	-	-	120	-	-	180	-	-	-	-	-	-	-	176	-	-
y	-	110	151	-	-	91	187	201	120	110	90	90	-	110	110	172	180	-	120
x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
c	-	-	-	-	-	188	221	-	160	-	94	102	-	-	-	156	160	-	-
v	-	100	-	-	-	100	-	220	-	158	90	78	-	120	-	90	131	-	-
b	116	-	120	-	-	130	207	-	-	120	91	110	-	110	-	81	150	-	-
n	123	196	-	-	-	101	141	110	210	190	110	106	202	136	-	110	110	90	109
m	155	221	170	-	-	100	165	120	219	191	110	110	188	-	146	100	109	90	-
,	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	100	170	190	-	-	-	253	-	-	-	-	-	-	-
í	-	-	-	-	-	-	160	170	120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

	g	h	j	k	l	é	á	ú	y	x	c	v	b	n	m	,	.	-	í
ö	100	-	-	172	172	-	-	-	-	-	-	90	110	160	156	-	-	-	-
ü	91	-	-	190	200	-	-	-	-	-	-	-	-	172	-	-	-	-	-
ó	130	-	172	190	191	-	-	-	-	-	-	111	110	191	-	231	251	-	-
q	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
w	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
e	110	110	105	110	90	110	121	-	200	-	196	154	190	100	100	130	128	-	-
r	180	121	100	120	101	100	100	135	-	-	201	188	200	100	90	128	125	110	172
t	180	125	91	100	110	100	90	110	190	-	196	187	191	100	91	110	120	241	170
z	97	187	-	180	170	111	100	186	-	-	-	145	141	187	219	230	221	-	120
u	94	-	-	161	150	-	136	-	-	-	-	-	-	171	203	-	-	-	-
i	101	140	125	170	160	140	153	-	-	-	140	110	140	140	159	200	215	245	-
o	90	171	211	150	170	-	-	-	85	-	128	120	130	130	150	-	-	-	-
p	-	-	141	250	190	171	190	-	-	-	110	93	-	165	-	-	-	-	120
ó	-	161	170	159	161	-	227	-	-	-	-	125	128	190	211	218	-	-	-
ú	110	-	170	-	172	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
a	100	110	109	90	91	150	105	-	-	-	189	110	125	90	91	110	110	180	-
s	175	170	-	140	120	110	109	-	-	-	281	-	180	110	125	140	141	-	180
d	-	140	94	130	-	110	120	-	-	-	-	160	170	110	125	-	-	-	130
f	-	-	-	-	131	110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
g	13	150	100	141	110	110	100	-	80	-	-	180	172	135	130	121	100	-	141
h	80	65	-	-	-	115	94	-	-	-	-	-	-	190	-	-	-	-	130
j	-	-	10	-	140	120	100	-	-	-	-	-	-	170	-	-	-	-	140
k	188	180	-	130	166	116	110	161	135	-	125	128	120	160	141	180	180	203	140
l	94	150	101	131	130	110	100	-	90	-	86	110	170	120	110	171	190	-	140
é	100	150	-	130	101	10	-	-	-	-	-	100	92	91	120	187	212	-	-
á	94	165	116	130	131	220	10	-	-	-	130	121	100	110	130	190	-	-	-
ú	-	-	-	180	160	-	-	-	-	-	-	150	-	170	-	-	-	-	-
y	-	110	130	149	110	97	110	170	10	-	-	151	170	91	125	160	-	135	210
x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
c	-	121	-	-	-	110	130	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	187
v	181	-	-	-	246	100	100	-	-	-	-	10	190	101	-	-	-	-	187
b	-	-	-	97	136	157	100	149	-	-	-	-	130	140	-	206	231	-	176
n	109	202	180	121	130	110	110	156	90	-	120	140	111	130	190	160	161	220	172
m	85	-	190	-	135	110	90	115	-	-	125	174	120	185	10	123	157	-	141
,	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	-	-	-
.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	141	-	-
-	266	-	171	175	-	212	-	-	-	-	155	-	120	-	-	170	-	10	-
í	135	-	130	-	-	-	-	-	-	-	-	110	-	140	136	-	-	-	10

Mérések száma (db)

	ö	ü	ó	q	w	e	r	t	z	u	i	o	p	ő	ú	a	s	d	f
ö	11	-	-	-	-	-	152	87	162	-	-	-	-	-	-	-	153	26	-
ü	-	8	-	-	-	-	6	17	6	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-
ó	-	-	17	-	-	-	43	63	15	-	8	-	16	-	-	14	80	80	-
q	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
w	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
e	-	4	-	-	-	121	250	250	250	34	66	4	47	4	6	13	250	158	26
r	18	91	146	-	-	250	168	250	28	39	166	161	-	102	4	250	106	86	5
t	178	52	195	-	-	250	60	250	-	128	250	250	19	181	15	250	132	7	5
z	90	102	161	-	-	250	27	250	169	23	131	250	29	51	6	250	81	39	10
u	-	-	-	-	-	-	32	95	-	11	-	-	9	-	-	-	44	101	-
i	-	-	71	-	-	43	46	241	189	32	58	17	6	-	-	104	250	101	25
o	-	-	-	-	-	-	250	250	250	-	5	56	14	-	-	6	250	61	5
p	-	25	10	-	-	165	51	20	9	17	40	112	41	4	-	71	8	-	-
ő	-	-	-	-	-	23	31	63	15	-	15	4	-	11	-	-	138	41	-
ú	-	-	-	-	-	-	93	15	8	-	-	-	-	-	7	-	11	-	-
a	-	12	-	-	-	8	250	250	250	15	152	7	208	-	-	115	250	250	6
s	32	32	4	-	-	250	51	239	250	34	167	250	9	55	20	250	250	-	17
d	38	-	36	-	-	250	44	44	-	35	129	250	-	78	-	149	53	47	11
f	9	10	6	-	-	239	7	-	-	-	112	250	-	18	-	17	-	-	22
g	4	26	12	-	-	206	53	33	15	11	133	150	-	4	7	250	41	6	25
h	4	-	4	-	-	250	-	10	4	4	87	250	-	-	4	250	-	-	-
j	40	11	32	-	-	171	7	53	-	85	-	78	-	-	4	218	5	32	-
k	250	43	42	-	-	250	82	56	-	56	250	250	-	-	7	250	40	8	-
l	45	34	121	-	-	250	16	250	12	18	174	97	5	231	6	250	67	49	42
é	-	-	-	-	-	10	250	217	63	-	7	-	180	-	-	-	250	41	-
á	-	-	-	-	-	-	250	250	75	6	6	5	-	-	-	14	250	33	6
ű	-	-	-	-	-	8	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-
y	-	18	9	-	-	250	25	40	49	16	131	152	-	5	29	225	51	-	5
x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
c	-	-	-	-	-	30	7	-	5	-	144	6	-	-	-	20	250	-	-
v	-	15	-	-	-	250	-	7	-	6	250	103	-	48	-	250	18	-	-
b	22	-	39	-	-	250	14	-	-	19	137	39	-	44	-	250	26	-	-
n	90	20	-	-	-	250	11	250	44	17	250	82	12	50	-	250	30	250	19
m	4	6	59	-	-	250	14	42	25	118	250	250	16	-	28	250	17	7	-
,	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	43	4	10	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-
í	-	-	-	-	-	-	34	250	29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

	g	h	j	k	l	é	á	ú	y	x	c	v	b	n	m	,	.	-	í
ö	8	-	-	91	101	-	-	-	-	-	-	85	55	156	29	-	-	-	-
ü	64	-	-	68	250	-	-	-	-	-	-	-	-	75	-	-	-	-	-
ó	14	-	12	35	211	-	-	-	-	-	-	30	31	23	-	17	10	-	-
q	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
w	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
e	250	160	66	250	250	15	7	-	6	-	18	96	82	250	250	45	28	-	-
r	42	55	33	16	41	95	179	16	-	-	46	141	22	57	187	30	62	5	11
t	6	87	71	122	61	250	250	15	6	-	10	89	69	136	27	250	164	10	40
z	12	25	-	47	35	184	250	10	-	-	-	14	25	80	52	32	19	-	42
u	39	-	-	91	114	-	8	-	-	-	-	-	-	184	40	-	-	-	-
i	181	31	5	242	228	18	60	-	-	-	20	52	31	250	48	112	60	4	-
o	250	9	4	250	250	-	-	-	8	-	28	21	30	250	177	-	-	-	-
p	-	-	20	6	24	61	39	-	-	-	51	71	-	8	-	-	-	-	31
ó	-	10	7	62	137	-	4	-	-	-	-	23	24	4	6	13	-	-	-
ú	40	-	64	-	36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
a	250	46	114	250	250	6	8	-	-	-	38	112	116	250	250	99	54	9	-
s	28	13	-	53	60	250	250	-	-	-	4	-	38	35	59	71	37	-	138
d	-	19	77	9	-	110	75	-	-	-	-	28	5	61	12	-	-	-	27
f	-	-	-	-	9	31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
g	90	26	27	30	41	123	129	-	250	-	-	46	36	34	15	29	18	-	20
h	36	42	-	-	-	22	127	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	16
j	-	-	18	-	41	28	160	-	-	-	-	-	-	9	-	-	-	-	5
k	8	15	-	237	20	250	116	7	4	-	9	10	45	54	17	228	97	8	44
l	95	71	98	143	250	203	250	-	250	-	20	84	11	150	163	117	58	-	31
é	250	23	-	179	222	43	-	-	-	-	-	136	90	250	43	7	6	-	-
á	192	14	44	115	250	7	34	-	-	-	46	40	132	250	193	7	-	-	-
ú	-	-	-	25	9	-	-	-	-	-	-	15	-	17	-	-	-	-	-
y	-	19	13	14	13	42	45	8	32	-	-	7	30	19	20	19	-	6	7
x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
c	-	9	-	-	-	30	11	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	9
v	5	-	-	-	4	211	250	-	-	-	-	38	19	11	-	-	-	-	31
b	-	-	-	10	12	25	70	4	-	-	-	-	250	7	-	4	4	-	22
n	41	6	13	250	36	133	100	4	250	-	51	11	23	236	5	105	88	4	9
m	10	-	6	-	46	234	250	42	-	-	9	6	91	20	68	104	18	-	16
,	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28	-	-	-
.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	59	-	-
-	4	-	5	10	-	4	-	-	-	-	4	-	35	-	-	8	-	7	-
í	48	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	79	-	7	10	-	-	-	11

Becsült, és korrigált leütési idők

	ö	ü	ó	q	w	e	r	t	z	u	i	o	p	ó	ú	a	s	d	f
ö	-	213	213	179	179	179	161	227	195	228	237	268	239	239	213	179	164	160	179
ü	232	-	238	179	179	179	179	197	229	228	251	257	263	263	238	179	187	179	179
ó	232	238	-	179	179	179	219	158	222	228	263	257	279	263	238	173	173	151	179
q	179	179	179	-	221	203	213	213	179	179	179	179	179	179	179	261	225	208	218
w	179	179	179	212	-	253	223	223	179	179	179	179	179	179	179	216	258	257	227
e	179	192	179	221	214	-	215	226	179	194	171	170	197	186	169	249	213	263	200
r	179	173	170	201	207	191	-	257	181	187	195	178	179	171	170	189	231	240	271
t	181	156	168	201	207	174	270	-	179	183	161	165	163	166	158	191	223	235	224
z	171	199	192	179	179	179	186	168	-	232	209	194	199	184	189	139	172	166	169
u	196	207	207	179	179	179	194	210	271	-	244	225	235	236	207	178	170	254	178
i	231	230	229	179	179	201	167	152	198	184	-	218	288	259	230	161	265	183	163
o	251	222	222	179	179	179	158	210	199	240	211	-	236	251	222	171	170	106	195
p	240	235	274	179	179	184	162	222	165	220	206	192	-	228	246	191	177	178	178
ó	240	246	246	179	179	203	157	150	197	240	224	250	275	-	246	178	178	176	178
ú	232	238	238	179	179	179	196	172	271	228	251	257	263	263	-	179	160	179	179
a	180	192	180	260	223	187	209	201	185	240	179	164	174	179	180	-	203	215	248
s	150	171	175	215	257	187	242	245	169	155	152	183	167	162	152	190	-	245	193
d	193	180	188	223	217	259	247	261	179	166	170	180	179	176	180	201	201	-	166
f	165	205	184	204	210	166	264	247	179	179	177	187	179	174	180	169	199	204	-
g	176	185	228	204	210	186	267	249	172	174	131	164	179	244	192	186	226	275	255
h	164	226	236	179	179	168	179	209	190	269	184	167	212	212	263	162	178	178	178
j	216	240	248	179	179	179	163	190	247	242	220	181	212	212	283	186	85	160	178
k	231	272	246	179	179	188	176	192	207	213	258	206	235	235	258	182	192	158	178
l	267	259	274	179	179	148	179	185	242	222	218	259	245	227	249	190	196	174	160
é	259	265	265	179	179	180	229	175	216	216	203	246	278	251	265	178	209	193	178
á	259	265	265	179	179	179	184	175	217	188	269	251	251	251	265	162	197	195	179
ú	232	238	238	179	179	191	179	179	242	228	251	257	263	263	238	179	151	179	179
y	179	178	191	275	238	185	255	276	196	186	163	295	178	164	157	265	258	198	179
x	179	179	179	230	228	270	241	241	178	178	178	178	178	178	179	207	205	247	218
c	179	179	179	238	232	265	269	239	185	178	142	191	178	178	179	224	258	248	216
v	179	171	179	219	224	197	261	278	178	166	206	219	178	186	179	188	185	206	238
b	165	179	261	219	224	230	282	261	178	178	191	192	178	284	179	178	214	206	238
n	196	271	213	180	180	159	174	177	284	266	207	188	266	214	213	145	189	157	197
m	209	274	234	180	180	181	185	181	288	273	210	202	260	227	214	190	180	199	178
,	236	235	235	180	180	180	180	180	222	222	275	251	249	249	235	178	178	178	178
.	256	227	227	180	180	180	180	180	230	230	240	270	241	241	227	178	178	178	178
-	246	252	252	180	180	159	214	242	231	231	254	309	266	266	252	178	178	178	178
í	179	179	179	275	238	221	247	257	151	178	178	178	178	178	179	252	215	198	208

	g	h	j	k	l	é	á	ű	y	x	c	v	b	n	m	,	.	-	í
ö	171	236	236	250	259	247	247	213	178	178	178	171	200	248	225	251	282	253	178
ü	192	237	237	270	291	272	272	238	178	178	178	178	178	258	242	265	271	277	178
ó	190	237	242	270	280	272	272	238	178	178	178	164	199	264	242	304	316	277	178
q	218	178	178	178	178	178	178	179	282	245	228	238	238	179	179	179	179	179	282
w	227	178	178	178	178	178	178	179	237	279	277	248	248	179	179	179	179	179	237
e	215	177	176	164	183	178	149	179	260	239	274	238	274	173	168	164	159	179	245
r	256	221	187	189	155	197	124	173	226	231	281	266	273	200	169	188	170	190	236
t	229	142	190	186	173	157	162	174	259	231	255	262	264	177	168	174	215	181	239
z	160	252	257	255	241	201	193	246	179	179	179	172	167	269	293	307	294	241	165
u	155	257	257	245	239	222	201	207	179	179	179	179	179	259	281	249	230	241	179
i	237	211	188	268	251	207	236	230	179	179	167	201	196	240	237	285	299	305	179
o	217	244	266	248	272	236	236	222	172	179	183	192	122	230	242	254	285	256	179
p	178	226	209	303	269	248	273	246	179	179	168	190	179	228	245	268	275	281	176
ó	178	214	236	240	245	261	259	246	179	179	179	162	160	257	266	288	275	281	179
ú	175	237	251	259	247	272	272	238	178	178	178	178	178	242	242	265	271	277	178
a	201	143	170	181	179	188	228	180	267	230	262	187	213	174	173	234	179	181	267
s	230	161	179	171	158	174	174	180	222	263	342	233	256	152	177	165	170	179	253
d	214	167	179	199	179	214	158	180	230	224	263	237	229	163	183	179	179	179	201
f	236	179	179	179	183	251	179	180	211	216	221	253	253	179	179	179	179	179	211
g	-	156	160	178	187	161	168	180	189	216	221	250	249	173	177	224	188	179	209
h	179	-	239	212	192	185	181	226	179	179	179	179	179	242	254	227	208	219	160
j	178	239	-	212	202	194	190	226	179	179	179	179	179	232	254	227	208	219	134
k	147	244	199	-	239	206	197	213	176	179	204	185	201	240	191	275	272	267	170
l	175	225	184	217	-	197	195	240	183	179	176	178	207	210	198	257	274	233	176
é	169	224	208	219	196	-	243	265	179	179	179	172	179	185	196	249	275	258	179
á	171	230	198	220	229	278	-	265	179	179	176	150	157	208	212	245	252	258	179
ű	179	237	237	235	224	272	272	-	178	178	178	188	178	237	242	265	271	277	178
y	208	145	205	156	187	173	167	161	-	232	215	232	238	180	210	164	181	192	274
x	218	179	179	179	179	179	179	179	224	-	264	235	235	181	181	181	181	181	224
c	216	157	179	179	179	182	178	179	232	226	-	233	233	181	181	181	181	181	249
v	194	179	179	179	185	168	203	179	213	218	223	-	244	185	181	181	181	181	249
b	238	179	179	158	207	182	197	214	213	218	223	255	-	171	181	165	170	181	245
n	182	277	244	217	195	200	198	210	178	180	175	167	158	-	250	248	247	285	192
m	167	246	248	219	207	201	184	192	180	180	209	170	171	251	-	202	230	223	224
,	178	206	206	260	235	234	234	235	180	180	180	180	180	218	218	-	247	246	180
.	178	215	215	224	255	226	226	227	180	180	180	180	180	227	227	236	-	238	180
-	303	215	224	241	244	264	250	252	180	180	194	180	171	228	228	221	257	-	180
í	210	179	162	179	179	179	179	179	269	232	215	190	225	142	273	181	181	181	-

Forráskódok

A diplomamunkámban hivatkozott programok forráskódja a <http://szeghalmy.extra.hu> weblapon érhetőek el.