

یک چینش جدید برای حروف انگلیسی بر روی صفحه کلید با استفاده از استراتژی تکاملی

علی اصغر پورحاجی کاظم^(۱) - کیان نیمگز نقش^(۲)

(۱) استادیار - گروه مهندسی کامپیوتر، دانشکده فنی مهندسی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

(۲) کارشناس - باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۶/۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۰/۱۷

خلاصه: از آنجائی که صفحه کلید، اصلی ترین وسیله وارد کردن متن به کامپیوتر است، داشتن یک صفحه کلید با چینش مناسب حروف بر روی آن با کارایی بالا امری ضروری می باشد. به دست آوردن یک چینش مناسب برای حروف بر روی صفحه کلید، یک مسئله بهینه سازی می باشد که برای حل آن، روشهای متفاوتی ارائه شده است، به طوری که جواب مسئله، مناسب ترین جایگشت حروف بر روی صفحه کلید است که برای صفحه کلید انگلیسی، ۲۶ حرف می باشد. در این مقاله، یک چینش جدید برای صفحه کلید انگلیسی به روش "استراتژی تکاملی" ارائه شده است که دارای سرعت تایپ بیشتری نسبت به صفحه کلید فعلی بوده و ایرادات عمده آن را نیز برطرف کرده است. بدین منظور، از یک تابع تناسب که شامل پارامترهایی چون فاصله کلیدها، تعویض انگشتها، تناوب استفاده از دو دست و... می باشد، استفاده شده است. آزمایشات مختلفی برای ارزیابی رویکرد پیشنهادی انجام شده و نتایج آنها نشان می دهد که چینش به دست آمده بهتر از چینش فعلی و سایر چینش های پیشنهاد شده عمل می کند.

کلمات کلیدی: محاسبات تکاملی، استراتژی تکاملی، الگوریتم ژنتیک، چینش حروف، صفحه کلید

A New Layout for English Letters on the Keyboard Using Evolutionary Strategy

Ali Asghar Poorhajibazam⁽¹⁾ - Kian Nimgaz Naghsh⁽²⁾

(1) Assistant Professor - Department of Electrical Engineering, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran
pourhaji@gmail.com

(2) B.S. - Young Researchers and Elits Club, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran
kian_naghsh@yahoo.com

Since the keyboard is the primary device of entering text into a computer, a keyboard with letters on the proper layout of high performance is essential. Obtaining a suitable arrangements for the letters on the keyboard is an optimization problem which different methods have been proposed to solve it and its answer is the most appropriate permutation for letters on the keyboard which is 26 letters for English keyboard. In this paper, a new English keyboard layout has been proposed using evolutionary strategy which aims to increase typing speed and rectify some problems of current layout. To this end, a fitness function is used which includes parameters such as keys distance, fingers switch, frequency of use of both hands and etc. Different experiments have been conducted to evaluate the proposed approach and the results indicate that the obtained layout acts better than the current and other proposed layouts in the literature.

Index Terms: Evolutionary computing, evolutionary strategy, genetic algorithm, keyboard layout, keyboard

نویسنده مسئول: علی اصغر پورحاجی کاظم، دانشکده فنی مهندسی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران، pourhaji@gmail.com

۱- مقدمه

از آنجائی که صفحه کلید، اصلی‌ترین وسیله وارد کردن متن به کامپیوتر است، داشتن یک صفحه کلید با چپنیش مناسب حروف بر روی آن جهت تایپ سریع و کارائی بالا، امری ضروری می‌باشد. همچنین، به دست آوردن یک چپنیش مناسب برای حروف بر روی صفحه کلید، یک مسئله بهینه‌سازی می‌باشد که برای رسیدن به چنین هدفی، روشهای متفاوتی ارائه شده است که در ادامه به بررسی آنها خواهیم پرداخت. مسائل بهینه‌سازی مسائلی هستند که در آنها به دنبال یافتن بیشترین یا کمترین مقدار هستیم. مثل مسئله فروشنده دوره‌گرد^۱ که در آن به دنبال یافتن کوتاهترین مسیر حرکت، هستیم. برای حل اینگونه مسائل، دو نوع روش وجود دارد؛ روشهای دقیق که راه‌حل بهینه را به دست آورده و شرایط بهینگی را تضمین می‌کنند؛ و روشهای تقریبی (یا حسی-ذهنی) که راه‌حل‌های با کیفیت بالا را در مدت زمان معقول تولید می‌کنند اما تضمینی برای یافتن راه‌حل بهینه سراسری ندارند. همچنین، متاهوریستیک‌ها یا روشهای فراابتکاری، تکنیک‌هایی هستند که از قوانین فیزیکی و بیولوژیکی الهام می‌گیرند و برای حل مسائلی با اندازه‌های بزرگ که کامپیوتر در حل آنها با مشکل زمان روبرو است^۲، کاربرد دارند؛ مثل محاسبات تکاملی، بهینه‌سازی کلونی مورچه‌ها و انجماد تدریجی.

چپنیش فعلی صفحه کلید انگلیسی شامل ۲۶ حرف انگلیسی است. با آزمایشات انجام شده در این مقاله نشان خواهیم داد که این چپنیش دارای یک سری ایرادات مثل سرعت تایپ پائین می‌باشد. از طرفی، برای آزمون بهینگی چپنیش حروف بر روی صفحه کلید، پارامترهای مختلفی را می‌توان مد نظر قرار داد. مثلاً سرعت تایپ، راحتی کاربر، میزان خطا هنگام تایپ و نظم و ترتیب قرارگیری حروف بر روی صفحه کلید. هدف ما در این مقاله، بالا بردن سرعت تایپ می‌باشد. با توجه به اینکه بهترین چپنیش ۲۶ حرف انگلیسی بر روی صفحه کلید، از بین یک مجموعه جواب با فضائی برابر با $26!$ ($4 * 10^{26}$) حالت مختلف به دست می‌آید، لذا بزرگ بودن فضای مسئله، جستجوی مستقیم را غیر ممکن می‌سازد. زیرا اگر فرض کنیم که ما یک ابر رایانه در اختیار داشته باشیم که در هر ثانیه 10^6 حالت از چپنیش‌های صفحه کلید را تولید و بررسی کند، لذا برای بررسی کل فضای جستجو در بهترین حالت به مدت زمان معادل با ۱۰۰ میلیارد قرن نیاز خواهیم داشت که استفاده از چنین شیوه‌ای برای رسیدن به جواب معقول نمی‌باشد. به همین دلیل، روش‌های فراابتکاری مثل استراتژی تکاملی، برای حل این مسئله، مناسب می‌باشد.

ایده اصلی الگوریتم پیاده شده در این مسئله اینست که با جستجو در بین فضای حالات مسئله، روی مناسب‌ترین جواب‌ها تمرکز کرده و آن‌دسته از جواب‌هایی که فاصله زیادی با شرایط بهینگی دارند، کنار گذاشته می‌شوند.

در بخش‌های بعدی ابتدا به بررسی کارهای پیشین انجام شده در این

زمینه می‌پردازیم. سپس بعد از آشنائی با روال کار الگوریتم‌های تکاملی و انواع آن، به پیاده‌سازی استراتژی تکاملی، روی مسئله بیان شده، خواهیم پرداخت. در نهایت جواب به دست آمده را ارزیابی و با چپنیش‌های فعلی و کارهای پیشین، مقایسه خواهیم کرد.

۲- کارهای پیشین

برای ارائه چپنیش مناسب حروف بر روی صفحه کلید، تحقیقات زیادی صورت گرفته است. یکی از تحقیقات پایه‌ای که در این زمینه انجام گرفته است، مرجع [۱] می‌باشد. این گروه، یک سری تحقیقات بر روی صفحه کلید انگلیسی انجام دادند و با به دست آوردن یک تابع، مدت زمان تایپ حروف در نقاط مختلف صفحه کلید با انگشتان مختلف را مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. لایت و اندرسون^۳ نیز با استفاده از روش فراابتکاری انجماد تدریجی^۴ چپنیشی بهتر از چپنیش فعلی صفحه کلید انگلیسی (QWERTY) و چپنیش پایه Dvorak، ارائه دادند [۲]. تابع تناسب مورد استفاده آن‌ها، از پارامترهایی چون فرکانس استفاده از جفت حروف انگلیسی در متون و مدت زمان تایپ آن‌ها، استفاده می‌کرد.

Q	W	E	R	T	Y	U	I	O	P	[]
A	S	D	F	G	H	J	K	L	;	'	
Z	X	C	V	B	N	M	,	.	/		

شکل (۱): چپنیش فعلی صفحه کلید انگلیسی
Fig. (1): Current English keyboard layout

=	<	>	P	Y	F	G	C	R	L
A	O	E	U	I	D	H	T	N	S
;	Q	J	K	X	B	M	W	V	Z

شکل (۲): چپنیش پایه صفحه کلید انگلیسی (Dvorak)
Fig. (2): Dvorak keyboard layout

Q	P	R	S	H	Z	K	I	T	X
L	F	M	C	N	E	A	Y	G	
D	J	W	V	B	U	O			

شکل (۳): چپنیش ارائه شده توسط [۲]
Fig. (3): Light and Anderson's keyboard layout [2]

والکر^۵ نیز با استفاده از یک سری معیارهای ارزیابی در تابع تناسب خود، چپنیش جدیدی برای صفحه کلید انگلیسی ارائه کرد [۳].

Q	"	H	J	"	N	L	K	M	D	"	"
I	U	A	O	E	P	W	C	R	B	"	
X	Y	"	"	S	T	G	F	Z	V		

شکل (۴): چپنیش ارائه شده توسط والکر [۳]
Fig. (4): Walker's keyboard layout [3]

گوتی^۷ و همکارانش با استفاده از الگوریتم ژنتیک، چینی بهتری از چینی فعلی صفحه کلید انگلیسی ارائه دادند [۴].

V	F	L	W	C	~	;	U	Y	P
S	N	H	T	M	,	E	A	I	D
K	Z	B	R	J	O	.	X	Q	G

شکل (۵): چینی ارائه شده توسط گوتی [۴]

Fig. (5): Goetti's keyboard layout [4]

مسئله چینش حروف بر روی کیبورد، بر روی گوشی‌های هوشمند نیز دارای اهمیت می‌باشد. زیرا کاربر مجبور به تایپ تک انگشتی است. لذا آمیکو^{۱۵} و همکارانش [۱۱]، آن را یک مسئله انتقالی مرتبه دوم^{۱۶} معرفی کرده و با روشهای فراابتکاری مختلفی چون انجماد تدریجی، چینش‌های بهینه‌ای را برای زبان‌های انگلیسی، اسپانیایی، فرانسوی و ایتالیایی ارائه دادند. همچنین از جدیدترین کارهای انجام گرفته در این زمینه، توسط طارق ملاس و همکارانش می‌باشد که آن‌ها نیز یک چینی برای صفحه کلید عربی با استفاده از الگوریتم ژنتیک ارائه دادند که بهتر از چینی استاندارد ASMO و چینی فعلی صفحه کلید عربی عمل می‌کند [۱۲]. برای کیبورد عربی، در [۱۳] نیز با استفاده از یک الگوریتم ژنتیک، کیبورد بهینه‌ای نسبت به تحقیقات قبلی ارائه شده است؛ به نحوی که در تابع تناسب آن، اساساً از فرکانس جفت حروف، فرکانس تک حرف و نیز سطری از کیبورد که در آن قرار دارد، برای محاسبه بهینگی جواب به دست آمده استفاده شده است. در زمینه صفحه کلید فارسی نیز، آقایان مرادی و شیرینی با استفاده از یک الگوریتم ژنتیک، چینی مطابق با شکل (۷) ارائه دادند [۱۴].

ظ	ص	ح	ع	غ	و	ب	ز	ر	ج	ک
گ	ی	ت	ا	ن	س	و	ه	د	ف	م
ش	ث	ط	ب	ج	ق	ض	ح	ئ	ذ	

شکل (۷): چینی ارائه شده برای صفحه کلید فارسی [۱۴]

Fig. (7): Persian keyboard layout [14]

از دیگر کارهای انجام گرفته در این زمینه مربوط به صفحه کلید فارسی می‌باشد که در تحقیق انجام گرفته، با استفاده از استراتژی تکاملی کیبورد فارسی شکل (۸) ارائه شده است که طبق آزمایشات انجام گرفته، سریعتر از کیبورد فارسی فعلی و کیبورد شکل (۷) می‌باشد [۱۴].

ک	ی	ج	ز	ع	و	ح	ص	ق	ط	چ	ه
ب	س	د	ش	ر	ن	ی	م	ت	و	ا	
ئ	ع	ب	ج	ز	ض	ث	ذ	ظ	گ		

شکل (۸): چینی ارائه شده برای صفحه کلید فارسی

به روش استراتژی تکاملی [۱۵]

Fig. (8): Persian keyboard layout produced using Evolutionary Strategy [15]

لی^۷ و همکارانش، روش فراابتکاری انجماد تدریجی را برای تحقیقات خود استفاده کردند [۵]. آنها مدلی بر مبنای قانون فیتز^{۱۷} و فرکانس انتقال بین کاراکترها ارائه کردند و نشان دادند که کیبورد انگلیسی پیشنهادی آنها نسبت به چینی فعلی و نیز چینی پایه Dvorak بهتر عمل می‌کند. کلاس^{۱۸} یک استراتژی تکاملی برای حل این مسئله طراحی کرد که از یک عملگر استفاده می‌کرد و تنها جای دو حرف را عوض می‌کرد [۶]. وی این الگوریتم را برای حروف انگلیسی به علاوه چهار علامت نشان‌گذاری در سه ردیف ده کلیدی به کار برد. تابع تناسب استفاده شده، میزان جابجایی انگشتان را از موقعیت پایه‌ای آنان محاسبه کرده و الگوریتم به سمت کمینه کردن مجموع جابجا کردن‌های انگشتان دست برای یک متن ثابت به ازای چینی‌های مختلف حرکت می‌کند. وگنر^{۱۹} و همکارانش از بهینه‌سازی کلونی مورچه‌ها برای جستجو در فضای چینی‌های حروف بر روی صفحه کلید استفاده کردند [۷]. تابع تناسب آن‌ها عواملی نظیر فرکانس فشردن کلیدهای مختلف، استفاده از دست‌های مختلف برای تایپ دو حرف متوالی و استفاده از یک انگشت برای تایپ دو حرف متوالی را در نظر می‌گیرد. داشوال و دب^{۱۱} از یک الگوریتم ژنتیک برای حل مساله چینی حروف هندی بر روی یک صفحه کلید چهار ردیفی استفاده کردند [۸]. ایگرز^{۱۲} و همکارانش، بدون ارائه کیبورد بهینه و تنها با ارائه یک نمونه انتزاعی به بررسی نحوه چینش حروف بر روی کیبورد پرداختند [۹]. آنها برای انجام تحقیقاتشان از یک الگوریتم کلونی مورچه‌ها^{۱۲} استفاده کردند که تابع ارزیابی آنها بر پایه تعدادی اصول ارگونومیک هنگام تایپ همچون عدم خستگی هنگام تایپ و کم کردن خطای تایپ عمل می‌کرد. تیم [۱۰] نیز در تحقیقات خود، کیبورد انگلیسی فعلی را سخت خوانده و سرعت تایپ با آن را بسیار پایین عنوان کردند. لذا آنها یک مدل ریاضی بر پایه الگوریتم ازدحام سایبری^{۱۴} ارائه داده و یک چینی بهینه مطابق شکل (۶) به دست آوردند. آنها همچنین از چند نفر نیروی انسانی جهت تست و مقایسه کمک گرفتند که با توجه به نا آشنا بودن آنها با کیبورد جدید، نتایج خوبی در مقایسه با تایپ با کیبورد فعلی انگلیسی به دست آمد.

;	,	.	G	F	J	W	R	Z	U
A	N	E	S	H	I	T	O	D	Q
M	P	C	K	Y	L	B	X	V	/

شکل (۶): چینی ارائه شده توسط [۱۰]

Fig. (6): Optimal keyboard layout in [10]

۳- محاسبات تکاملی^{۱۷}

نظریه تکامل چارلز داروین^{۱۸} که در سال ۱۸۵۹ ارائه گردید، جایگاه ویژه‌ای را در مسائل بهینه‌سازی به خود اختصاص داد. این نظریه بر اساس تکامل بهترین‌ها ارائه گردید و می‌توان آن را به عنوان نقطه شروعی برای محاسبات تکاملی دانست. در دنیای طبیعی، گونه‌های زیادی از تکامل و حرکت به سمت بهینه شدن، مشاهده می‌گردد. این گونه‌ها در رفتار داخل یک سلول تا رفتار جمعیتی از موجودات زنده دیده می‌شود. به عبارت دیگر، آن دسته از جمعیتی که دارای توانایی بیشتر در دسترسی به منابع و تولید مثل داشته‌اند، در طبیعت نیز بیشتر مشاهده شده‌اند و همچنین موجوداتی که توانایی کمتری داشته‌اند، به دلایل مختلفی، تعداد آنها به مرور زمان کمتر شده و حتی به نابودی کشیده شده‌اند. در این حالت گفته می‌شود که گونه‌های اول نسبت به گونه‌های دوم، شایسته‌تر هستند. نگرش‌های تکاملی برای حل مسائل بهینه‌سازی نیز از این پدیده الگوبرداری می‌کند. به عبارت دیگر، تکنیک محاسبات تکاملی، این قواعد را در الگوریتم‌هایی، برای جستجوی راه‌حل‌های بهینه مسائل به کار می‌گیرد، به طوری که در یک الگوریتم تکاملی، تعدادی از راه‌حل‌های ممکن از مسئله در اختیار بوده و هدف، یافتن بهترین راه‌حل ممکن در زمان محدود می‌باشد.

۴- ارائه چپنیش حروف انگلیسی بر روی صفحه کلید با استفاده

از استراتژی تکاملی

ساختار کلی الگوریتم تکاملی در بخش قبل، مورد بررسی قرار گرفت و در این بخش به پیاده کردن این ساختار روی مسئله بیان شده خواهیم پرداخت.

۴-۱- کدگذاری اعضا و تولید جمعیت اولیه

اولین و یکی از مهمترین بخشهای الگوریتم تکاملی، کدگذاری اعضای جمعیت مسئله می‌باشد. با توجه به ماهیت مسئله که با حروف انگلیسی سروکار دارد، اعضا (کروموزومها) را به روش کیفی^{۱۹} کدگذاری کرده و هر عضو از جمعیت را با دنباله‌ای (آرایه‌ای) ۲۶ تایی از حروف انگلیسی که نشان دهنده یک چپنیش (جواب) می‌باشد، نشان خواهیم داد. برای نمونه، یک عضو از جمعیت به شکل زیر است:

Q	W	E	R	T	Y	U	I	O	P
A	S	D	F	G	H	J	K	L	
Z	X	C	V	B	N	M			

شکل (۱۰): نحوه چپنیش (کدگذاری) حروف انگلیسی بر روی صفحه کلید
Fig. (10): Encoding of keyboard letters

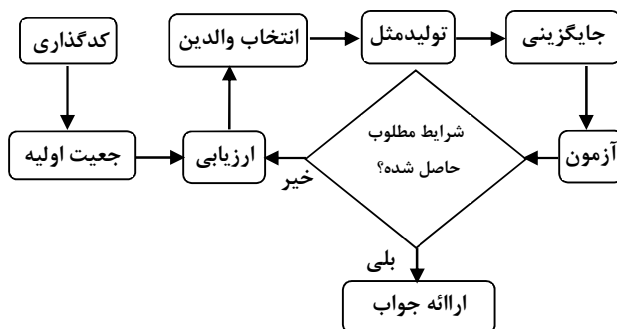
بعد از کدگذاری اعضا، کروموزومها که هر یک برابر با یک چپنیش و به عبارت دیگر نمونه جواب برای مسئله هستند، به صورت کاملاً تصادفی تولید کرده و وارد جمعیت اولیه می‌شوند.

۴-۲- ارزیابی

مرحله بعدی در استراتژی تکاملی، ارزیابی جواب‌های مسئله و به دست آوردن یک ارزش برای هر عضو توسط یک تابع تناسب می‌باشد. بدین منظور ما نیز از یک تابع تناسب که مدت زمان تایپ را بر اساس مدل ارائه شده در [۱۲] اندازه‌گیری می‌کند، استفاده کرده‌ایم. مقدار تابع تناسب، از مجموع ضرب فرکانس هر جفت حرف (f_i) و مدت زمان تایپ هر جفت حرف (t_i) به ازای هر جفت حرف به شکل زیر به دست می‌آید:

$$\text{fitness} = \sum_i f_i t_i \quad (1)$$

در این فرمول، f_i ، فرکانس هر جفت حرف در متون انگلیسی می‌باشد. لذا با یک تحلیل نرم‌افزاری که روی تعدادی از متون با موضوعات تصادفی مربوط به وبسایت ویکی‌پدیا به عنوان مجموعه داده^{۲۰} صورت گرفته، نتایج حاصله، در جدول (۱) ارائه شده است که ستونهای جدول، حرف اول و سطرهای جدول، حرف دوم و عدد مربوط به هر خانه، فرکانس استفاده از آن جفت حرف می‌باشد.



شکل (۹): فلوجارت الگوریتم تکاملی
Fig. (9): Evolutionary Flowchart

الگوریتم‌های تکاملی برحسب نوع کدگذاری اعضای جمعیت، به انواع مختلفی چون الگوریتم ژنتیک، استراتژی تکاملی، برنامه‌نویسی تکاملی و برنامه‌نویسی ژنتیک تقسیم‌بندی می‌شوند که نوع کدگذاری در استراتژی تکاملی به صورت برداری از مقادیر حقیقی می‌باشد و به همین دلیل ما از این روش برای حل مسئله استفاده خواهیم کرد.

Table (1): English letter pair frequency; resulted from an application

جدول (۱): نتایج حاصل از تحلیل نرم‌افزاری؛ فرکانس استفاده از جفت حروف در متون انگلیسی

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
A	0.02	0.16	0.46	0.20	0.67	0.12	0.18	0.64	0.48	0.00	0.05	0.60	0.62	0.46	0.08	0.27	0.00	0.78	0.16	0.49	0.17	0.12	0.33	0.02	0.07	0.03
B	0.19	0.03	0.00	0.01	0.08	0.00	0.00	0.01	0.25	0.00	0.00	0.04	0.17	0.03	0.10	0.01	0.00	0.06	0.02	0.02	0.12	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
C	0.42	0.02	0.06	0.01	0.44	0.00	0.00	0.00	0.86	0.00	0.00	0.02	0.01	0.35	0.21	0.00	0.00	0.28	0.16	0.04	0.17	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00
D	0.42	0.01	0.00	0.07	1.20	0.00	0.01	0.00	0.30	0.00	0.00	0.23	0.00	1.24	0.20	0.01	0.00	0.21	0.01	0.00	0.12	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
E	0.05	0.45	0.77	0.76	0.32	0.20	0.40	2.17	0.42	0.00	0.22	1.00	0.67	0.63	0.04	0.46	0.00	1.56	0.79	1.24	0.15	0.71	0.27	0.02	0.13	0.06
F	0.09	0.00	0.00	0.01	0.14	0.12	0.00	0.00	0.14	0.00	0.00	0.04	0.00	0.05	0.89	0.00	0.00	0.03	0.01	0.01	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
G	0.27	0.00	0.00	0.04	0.13	0.00	0.03	0.00	0.28	0.00	0.01	0.01	0.00	0.91	0.17	0.06	0.00	0.24	0.01	0.01	0.12	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00
H	0.04	0.01	0.59	0.02	0.03	0.00	0.20	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.03	0.04	0.21	0.00	0.01	0.28	2.13	0.01	0.00	0.17	0.00	0.00	0.01
I	0.34	0.11	0.24	0.53	0.17	0.24	0.19	0.56	0.01	0.00	0.18	0.72	0.28	0.42	0.09	0.15	0.00	0.98	0.50	1.31	0.09	0.29	0.32	0.03	0.03	0.03
J	0.03	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K	0.11	0.00	0.18	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.18	0.00	0.01	0.02	0.00	0.09	0.14	0.00	0.00	0.11	0.05	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
L	1.06	0.20	0.17	0.04	0.56	0.06	0.07	0.02	0.56	0.00	0.02	0.56	0.05	0.06	0.48	0.21	0.00	0.14	0.06	0.14	0.25	0.00	0.01	0.00	0.04	0.00
M	0.44	0.00	0.01	0.03	0.32	0.00	0.01	0.02	0.26	0.00	0.02	0.05	0.17	0.04	0.74	0.02	0.00	0.22	0.06	0.08	0.18	0.00	0.00	0.01	0.05	0.00
N	2.07	0.00	0.01	0.01	1.43	0.00	0.07	0.05	2.23	0.00	0.04	0.01	0.01	0.13	1.83	0.01	0.00	0.20	0.02	0.01	0.38	0.00	0.09	0.00	0.02	0.00
O	0.01	0.25	0.74	0.18	0.08	0.35	0.11	0.41	0.80	0.00	0.04	0.36	0.34	0.31	0.31	0.31	0.00	0.73	0.29	0.95	0.01	0.09	0.15	0.00	0.03	0.02
P	0.19	0.00	0.00	0.01	0.18	0.00	0.00	0.07	0.18	0.00	0.00	0.03	0.27	0.03	0.23	0.11	0.00	0.05	0.21	0.24	0.12	0.00	0.00	0.03	0.04	0.00
Q	0.01	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
R	1.25	0.11	0.15	0.10	2.18	0.16	0.18	0.11	0.33	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	1.54	0.32	0.00	0.15	0.01	0.53	0.55	0.00	0.03	0.00	0.03	0.00
S	0.80	0.05	0.05	0.11	1.28	0.01	0.05	0.01	0.95	0.00	0.12	0.18	0.10	0.61	0.29	0.06	0.00	0.54	0.35	0.34	0.49	0.00	0.08	0.01	0.08	0.00
T	1.28	0.00	0.39	0.01	0.44	0.10	0.03	0.41	0.93	0.00	0.01	0.11	0.00	1.00	0.31	0.09	0.00	0.47	0.97	0.45	0.49	0.00	0.00	0.05	0.02	0.00
U	0.13	0.27	0.12	0.13	0.04	0.05	0.10	0.07	0.03	0.00	0.01	0.13	0.07	0.11	0.69	0.16	0.11	0.14	0.21	0.23	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01
V	0.18	0.00	0.00	0.02	0.25	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	0.04	0.00	0.04	0.20	0.00	0.00	0.06	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
W	0.06	0.00	0.00	0.01	0.19	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.29	0.00	0.00	0.03	0.02	0.07	0.00	0.00	0.23	0.00	0.01	0.00
X	0.03	0.00	0.00	0.00	0.21	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Y	0.20	0.19	0.03	0.04	0.15	0.01	0.03	0.05	0.01	0.00	0.02	0.32	0.03	0.11	0.05	0.02	0.00	0.27	0.04	0.21	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01
Z	0.05	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01

Table (2): Parameters of t_i function

جدول (۲): پارامترهای تابع t_i

h	انتقال دست	در صورتی که برای تایپ جفت حرف، از یک دست استفاده شده باشد، $h=0$ و اگر از دو دست استفاده شود، $h=1$ خواهد بود.
r	انتقال سطر	تعداد سطرها جایجا شده در حالتی که برای تایپ جفت حرف، از یک دست استفاده شود. در حالتی که برای تایپ جفت حرف از دو دست استفاده شود، مقدار r قابل چشم‌پوشی است.
f	انتقال انگشت	فاصله دو انگشتی که جفت حرف با آن‌ها تایپ شده است (۰، ۱، ۲ و یا ۳). در حالتی که برای تایپ جفت حرف از دو دست استفاده شود، مقدار f قابل چشم‌پوشی است.
R	وزن سطری	مجموع وزن سطری (میزان سختی) به ازای هر جفت کلید فشرده شده. به طوری که وزن سطر اول (بالا) برابر با ۲، سطر وسط برابر با ۱ و وزن سطر پایین، برابر با ۳ می‌باشد.
F	وزن انگشت	مجموع وزن انگشت (میزان سختی تایپ با آن انگشت). به طوری که وزن انگشتها از سمت انگشت ضعیف تا انگشت اشاره به ترتیب برابر با ۴.۵، ۴.۵، ۱ و ۲ است.

۴-۳- انتخاب

بعد از ارزیابی اعضا، بایستی بنابه اصل تکامل، بهترین اعضا را به عنوان والد انتخاب کرده و وارد جمعیت میانی جهت تولید مثل، بکنیم. ایده‌ای که در این مرحله در نظر گرفته شده است، اصل پرتو^{۲۱} می‌باشد. اصل پرتو بیان می‌کند که: ۲۰٪ از عوامل، ۸۰٪ از مسائل را می‌آفرینند. لذا ما در این مرحله، ۲۰٪ از بهترین‌ها را به عنوان ۸۰٪ از

همچنین t_i مدت زمان تایپ هر جفت حرف می‌باشد که با در نظر گرفتن پارامترهایی چون فاصله انگشتان، تناوب استفاده از دو دست و... توسط مدل رگرسیون خطی ارائه شده در [۱] طبق فرمول زیر قابل محاسبه می‌باشد:

$$t_i = 185.8 - 40.0h + 18.3r - 11.0f + 0.514R + 1.07F \quad (۲)$$

که h, r, f, R و F ، پارامترهایی مربوط به کلیدهای صفحه کلید می‌باشند (جدول ۲).

تمامی اعضای به دست آمده (نسل جدید) با جمعیت فعلی جایگزین می‌شوند.

۴-۶- ارزیابی و مقایسه و جواب نهائی

الگوریتم تکاملی ارائه شده، با جمعیت اولیه ۱۰۰۰ کروموزوم، طی ۱۰۰۰۰ نسل و با نرخ جهش ۰.۸٪، بر روی سیستم دوهسته‌ای 2.13Ghz، با حافظه 4GB اجرا گردید و در مدت زمان ۲ ساعت و ۴ دقیقه و ۳۷ ثانیه، به جوابی معادل با چپنش شکل (۱۱) دست پیدا کرد که مقدار تابع تناسب برای آن برابر با ۱۶۲۰۷/۷۵ بود. نمودار اصلاح نسل الگوریتم ارائه شده و نمودار مقایسه مقادیر تابع تناسب استفاده شده در این مقاله برای چپنش‌های مختلف نیز، در زیر نمایش داده شده است:

D	M	B	P	L	Y	U	Q	Z	O
T	C	S	N	R	I	H	A	E	
G	F	V	K	W	J	X			

شکل (۱۱): چپنش ارائه شده برای حروف انگلیسی بر روی صفحه کلید با استفاده از استراتژی تکاملی

Fig. (11): English keyboard layout attained using an Evolutionary Strategy

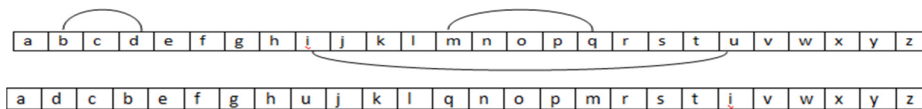
والدین انتخاب کرده و ۲۰٪ باقیمانده را از کل جمعیت و به طور تصادفی انتخاب می‌کنیم.

۴-۴- تولید مثل

برای انجام عمل تولید مثل، بنابه ماهیت مسئله و نیز بالا رفتن هزینه زمانی، تنها از عملگر جهش استفاده شده است. این عملگر به این صورت عمل می‌کند که جای (محتویات) جفت حرف را در یک کروموزوم جابجا می‌کند (شکل ۱۲). در این مرحله، سه تابع جهش مورد استفاده قرار گرفته است. تابع اول، محتویات ۳ جفت ژن (مخصوص بهترین اعضا)، تابع دوم، ۷ جفت ژن و تابع سوم نیز ۱۳ جفت ژن را با هم عوض می‌کند. انتخاب جفت ژن‌ها در هر کروموزوم، به صورت تصادفی صورت می‌گیرد. لازم به ذکر است که عملگر جهش بر روی بهترین عضو جمعیت اعمال نمی‌شود و آن عضو مستقیماً به نسل بعد منتقل می‌شود.

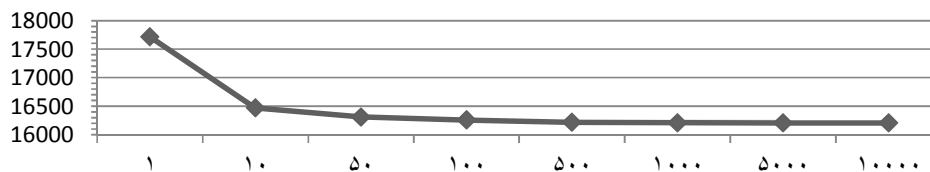
۴-۵- جایگزینی

بعد از اعمال عملگر جهش، جمعیت جدید به دست آمده، با جمعیت فعلی، جایگزین خواهد شد. لذا در این مرحله ما بنابه اصل الگوریتم ژنتیک استاندارد، از جایگزینی نسل به نسل استفاده کرده‌ایم. یعنی



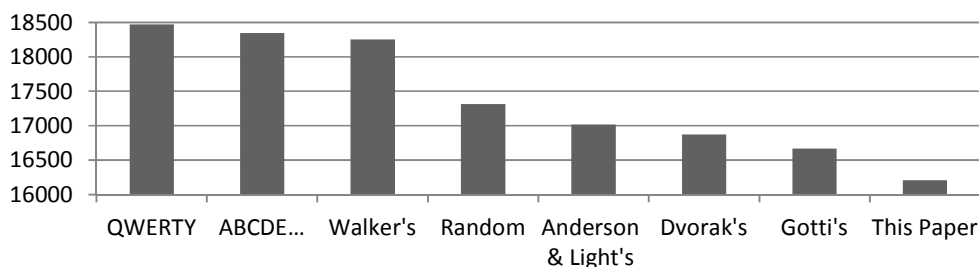
شکل (۱۲): تولید مثل

Fig. (12): Reproduction



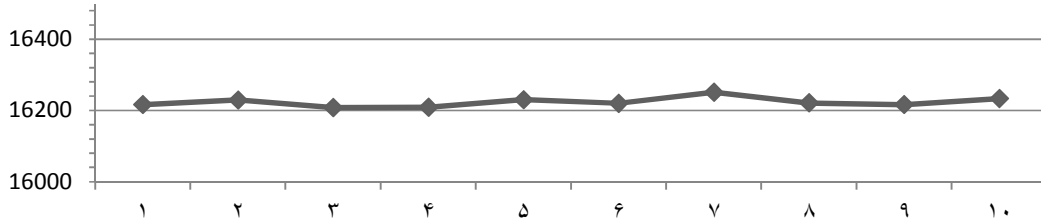
شکل (۱۳): نمودار همگرایی الگوریتم ارائه شده

Fig. (13): Convergence diagram

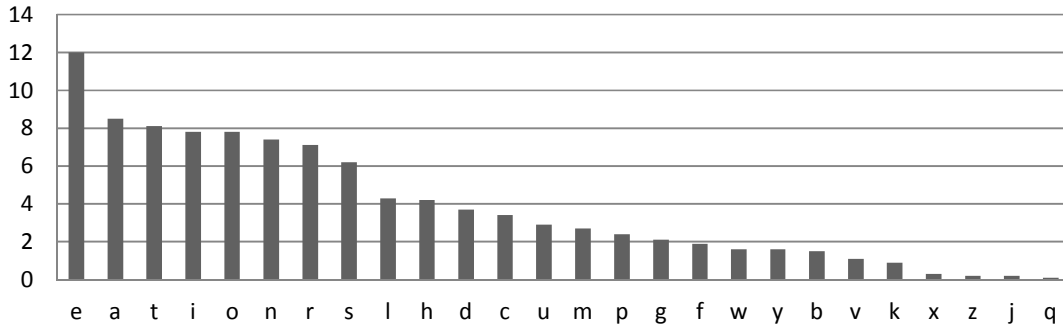


شکل (۱۴): مقادیر تابع تناسب برای چپنش‌های مختلف حروف انگلیسی بر روی صفحه کلید

Fig. (14): Fitness value for other layouts



شکل (۱۵): نمودار پایداری الگوریتم ارائه شده
Fig. (15): Stability diagram



شکل (۱۶): نمودار فرکانس استفاده از حروف انگلیسی در متون انگلیسی
Fig. (16): English letter frequencies

سیاسگزاری

این مقاله از طرح تحقیقاتی که با بودجه پژوهشی و حمایت مالی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز به انجام رسیده است، استخراج شده است.

همچنین نمودار شکل (۱۵)، میزان پایداری الگوریتم ارائه شده را نشان می‌دهد. محور افقی تعداد مراحل اجرای الگوریتم و محور عمودی مقدار بهینه تابع تناسب را در انتهای اجرای الگوریتم با جمعیت اولیه ۱۰۰ کروموزوم، طی ۲۰۰۰ نسل و با نرخ جهش ۸۰٪ را نشان می‌دهد.

پی‌نوشت:

- 1- Travelling Salesman Problem
- 2- Intractable Problems
- 3- Lissa W. Light and Peter G. Anderson
- 4- Simulated Annealing
- 5- Ch.P. Walker
- 6- J. S. Goetti
- 7- Y. Li
- 8- Fitts Law
- 9- P. Klausler
- 10- M. O. Wagner
- 11- P.S. Deshwal and K. Deb
- 12- J. Eggers
- 13- Ant Colony Optimization
- 14- Cyber Swarm Optimization
- 15- M.D. Amico
- 16- Quadratic Assignment Problem
- 17- Evolutionary Computing
- 18- Charles Darwin
- 19- Qualitative
- 20- Dataset
- 21- Pareto Principle

۵- نتیجه

همانگونه که قبلاً نیز گفته شد، مسئله به دست آوردن چینش بهینه ۲۶ حرف انگلیسی که از بین ۲۶! حالت مختلف به دست می‌آید، مسئله‌ای بغرنج بوده و به دست آوردن بهترین جواب، تقریباً غیر ممکن می‌باشد. لذا برای حل آن و رسیدن به یک جواب مناسب در مدت زمان معقول، بهتر است از روش‌های فراابتکاری استفاده کرد. ما نیز با استراتژی تکاملی ارائه شده در این مقاله، یک چینش مناسب را ارائه دادیم و نیز نشان دادیم که نسبت به چینش‌های فعلی و دیگر چینش‌ها، سرعت تایپ و عملکرد بهتری دارد. برای اثبات عملکرد مناسب جواب خود، می‌توان با استفاده از نمودار شکل (۱۶) که فرکانس استفاده از حروف را در متون انگلیسی نشان می‌دهد، موارد زیر را نتیجه گرفته و از عملکرد بهتر آن نسبت به سایر چینش‌ها اطمینان حاصل کرد:

- اکثر حروف پرکاربرد، در سطر وسط (راحت‌ترین سطر) قرار دارند.
- کم‌کاربردترین حروف، اکثراً در سطر پائین یا گوشه‌های صفحه کلید قرار گرفته‌اند.

References

- [1] Y. Hiraga, Y. Ono, Y. Hisao, "Analysis of the standard english keyboard", Proceedings of the 8th conference on Computational linguistics, pp. 242-248, 1980.
- [2] L.W. Light, P.G. Anderson, "Typewriter keyboards via simulated annealing", AI Expert, Sep. 1993.
- [3] C.P. Walker, "Evolving a More Optimal Keyboard", Dec. 5, 2003
- [4] J.S. Goetti, A.W. Brugh, B.A. Julstrom, "Arranging the keyboard with a Permutation-coded genetic algorithm", Proc. of the 2005 ACM Symposium on Applied Computing, 2005.
- [5] Y. Li, L. Chen, R.S. Goonetilleke, "A heuristic-based approach to optimize keyboard design for single-finger keying applications", International Journal of Industrial Ergonomics Vol. 36, pp. 695-704, 2006.
- [6] Peter Klausler, Sep. 2005.
- [7] M.O. Wagner, B Yannou, S. Kehl, D. Feillet, J. Eggers, "Ergonomic modeling and optimization of keyboard arrangement with an ant colony algorithm", European Journal of Operation research, Vol. 14, No. 2, pp. 187-208, June 2003.
- [8] P.S. Deshwal, K. Deb, "Design of an optimal hindi keyboard for convenient and efficient use", Technical Report on KanGAL, Report No. 2003005, Indian Institute of Technology, Kanpur, 2003.
- [9] J. Eggers, D. Feillet, S. Kehl, M.O. Wagner, B. Yannou, "Optimization of the keyboard arrangement problem using an Ant Colony algorithm", European Journal of Operational Research Vol. 148, pp. 672-686, 2003.
- [10] P.Y. Yin, E. Su, "Cyber Swarm optimization for general keyboard arrangement problem", International Journal of Industrial Ergonomics Vol. 41, pp. 43-52, 2011.
- [11] M. Dell'Amico, J.C. Díaz, M. Iori, R. Montanari, "The single-finger keyboard layout problem", Computers and Operations Research Vol. 36, pp. 3002-3012, 2009.
- [12] T.M. Malas, S.S. Taifour, G.A. Abandah, "Toward optimal arabic keyboard layout using genetic", In Proc. 9th Int'l Middle Eastern Multiconference on Simulation and Modeling (MESM), Amman, Jordan, Aug. 26-28, 2008.
- [13] N. Alswaidan, M.I. Hosny, A.B. Najjar, "A Genetic Algorithm Approach for Optimizing a Single-Finger Arabic Keyboard Layout", Intelligent Systems in Science and Information, pp. 261-277, 2014.
- [14] A.A. Pourhaji-Kazem, K.N. Naghsh, "Attaining a Suitable Persian Keyboard Layout Using an Evolutionary Strategy", International Conference on Instrumentation, Measurement, Circuits and Systems, ICIMCS 2011, Hong Kong, Dec. 13-14, 2011.
- [15] S. Moradi, S. Shiri-Gheydari, "English Keyboard Layout Optimization using Genetic Algorithm", 11th International Computer Society of Iran Computer Conference, Tehran, Iran, Feb. 2006.