

## ПРИМЕНЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ СЛЕПОГО ВВОДА ИНФОРМАЦИИ ПОСРЕДСТВОМ СЕНСОРНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Манахов П. А.<sup>1</sup>, Ковшов Е. Е.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВПО МГТУ «СТАНКИН», Москва, Россия (127994, г. Москва, Вадковский пер., д.1), e-mail: manakhovpavel@gmail.com

В статье рассмотрена проблема ввода текста людьми с ограниченными возможностями зрения посредством сенсорного экрана. Предложен способ классификации методов ввода на основе существенных характеристик взаимодействия. Описаны проблемы, присущие каждой из выделенных групп методов. Предложен способ ввода текста на основе простой для запоминания схемы росчерков, призванный решить выявленные противоречия. Для доказательства его эффективности проведен натурный эксперимент по сравнению предлагаемого решения с методами слепого ввода MDITIM и Eyes-free keyboard. Измеряемыми параметрами были выбраны скорость набора, количество ошибок, скорость обучения, а также субъективная оценка пользователей. Скорость набора предложенного метода в конце эксперимента составила 16,3 слов в минуту, что в более чем 1,5 раза превосходит любой из существующих методов. Для оценки скорости набора пользователя-эксперта использован метод парных действий. Результат оценки скорости ввода составил 40,8 слов в минуту. Результаты эксперимента проанализированы и сформулированы рекомендации по дальнейшему развитию предложенного решения.

Ключевые слова: метод ввода текста, слепой набор текста, сенсорный экран, человеко-машинное взаимодействие.

## INNOVATIVE SOLUTION ON TOUCH-SENSITIVE SURFACES FOR BLIND TEXT INPUT

Manakhov P. A.<sup>1</sup>, Kovshov E. E.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Moscow State University of Technology "STANKIN", Moscow, Russia (127994, Moscow, Vadkovskiy per., 1), e-mail: manakhovpavel@gmail.com

The article examines the issue of text entry by the people with visual disabilities by the use of touch screen. It suggests the text input methods classification on a basis of interaction features. The article describes the problems typical for each method groups. It offers the text input method on a basis of easy to remember scheme of strokes, to resolve the existing contradictions. To prove its effectiveness the suggested solution was experimentally compared to such input methods as MDITIM and Eyes-free keyboard. The comparison parameters were as follows the entry speed, the number of mistakes, the learning speed and the subjective evaluation by users. The entry speed of our input method at the end of the experiment was 16.3 words per minute (wpm), which is 1.5 times faster than other methods speed. To evaluate the entry speed by expert user we used the bi-action tables. The result of this evaluation was 40.8 wpm. The outcome of the experiment was analyzed and laid down the foundation of recommendations for further development of our input method.

Keywords: text input method, blind text entry, touchscreen, human-computer interaction.

### Введение

По данным Всемирной организации здравоохранения около 285 миллионов человек во всем мире имеют нарушения зрения, что составляет 4,2 % всего населения планеты. 39 миллионов из них являются слепыми (нарушения зрения одного или обоих глаз 3–5 категорий по МКБ-10). Одним из возможных средств коммуникации, которым пользуются незрячие, является мобильное устройство с аппаратной цифровой клавиатурой (ISO/IEC 9995-8). В настоящее время доля таких устройств сокращается, уступая место более популярным сенсорным телефонам. В связи с этим, актуальной задачей является разработка метода сенсорного ввода текста для людей с ограниченными возможностями зрения.

## **Существующие решения**

Для простоты будем считать, что любое взаимодействие пользователя с сенсорной поверхностью является росчерком. В случае единичного прикосновения, к примеру, нажатия на виртуальную клавишу, росчерком единичной длины. За основу классификации примем значимые характеристики взаимодействия, то есть такие свойства росчерка (абсолютное положение, траектория, скорость и пр.), изменения которых приводят к вводу другого символа.

Можно выделить системы с абсолютным положением виртуальных клавиш, к примеру, *No-Look Notes* [7] и *Eyes-free keyboard*. Основной проблемой методов данной группы является сложность выбора клавиш небольшого размера (площади) при использовании полных раскладок (*QWERTY/ЙЦУКЕН*), в то время как увеличение площади клавиши заставляет использовать сокращенную раскладку. Использование сокращенных раскладок ведет за собой ряд новых проблем, одной из которых является необходимость изобретения способа выбора конкретного символа. Другой проблемой при использовании нестандартной раскладки является необходимость ее изучения. Существует несколько способов выбора конкретного символа, но все они ведут к уменьшению скорости ввода по причине необходимости выполнения дополнительных действий.

Системы, основанные на определении направления относительно первой точки росчерка, как например *Adaptive Blind Interaction Technique* [10], подвержены схожей проблеме. Как показало исследование [4], оптимальным с точки зрения количества ошибок является использование 8-ми секторов радиального меню (менее 5 % ошибок). В соответствии с этим встает вопрос о размещении символов алфавита на секторах радиального меню и способе их выбора.

Системы (*MDITIM* [3], *Eyes-free Graffiti* [9]), основанные на распознавании траектории движения указательного устройства (стилуса), подвержены другой проблеме. Учитывая реалии российского образования, слепые от рождения (ослепшие в раннем детстве) не знают плоскочечатного шрифта. В некоторых специализированных школах людей с ограниченными возможностями зрения обучают плоскочечатному письму, но по причине отсутствия необходимости его частого применения данный навык быстро забывается. С другой стороны, использование произвольного набора росчерков увеличивает усилия, которые нужно затратить пользователю для того, чтобы начать пользоваться методом ввода.

## **Предлагаемое решение**

Предлагаемый метод позволяет вводить символы, используя простую для запоминания систему относительных росчерков (рис. 1). Под «относительными росчерками» подразумевается независимость результата ввода от начальной позиции росчерка.

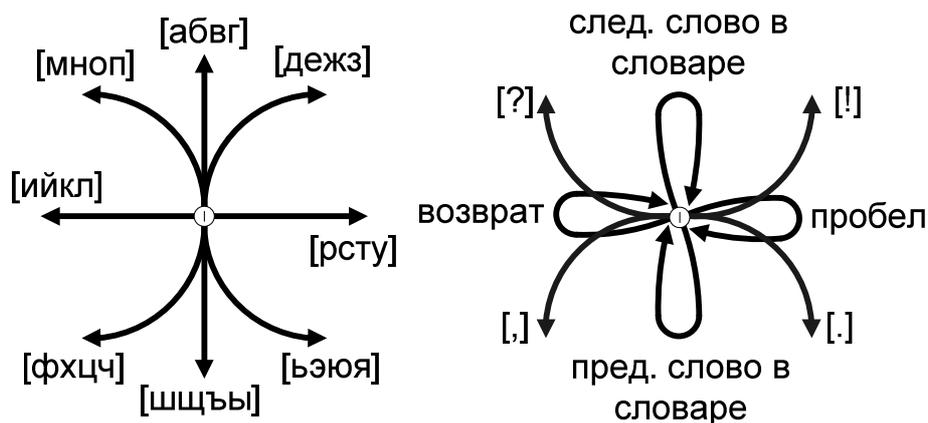


Рис. 1. Схема соответствия росчерков предлагаемого метода символам русского алфавита

Для ввода текста используются две схемы: побуквенная и схема с предикативной системой. С использованием предикативной системы пользователю достаточно лишь последовательно вычерчивать росчерки, система сама предложит наиболее подходящее слово. В этом случае выбранная последовательность наборов символов используется в качестве маски для подбора слова, подстановка дополнительных (не введенных пользователем) символов для завершения слова не осуществляется. Для ввода конкретной буквы после вычерчивания росчерка необходимо коснуться экрана определенное количество раз в любом месте. Количество касаний соответствует позиции буквы в группе (символы, ассоциированные с одним росчерком). К примеру, чтобы ввести букву «б» нужно вычертить росчерк «вверх», а затем коснуться экрана два раза. Таким образом, отличительной особенностью предлагаемого метода ввода является то, что обе схемы могут быть использованы одновременно.

Для ввода символов алфавита другого языка, знаков препинания и специальных символов используется технология определения множественного касания экрана. В предлагаемом методе результат ввода зависит не только от вида росчерка, но и от росчерка вводимого второй рукой, то есть система росчерков, вводимых второй рукой, будет определять раскладку для первой [1].

Действия пользователя могут озвучиваться посредством встроенного синтезатора речи, что дает дополнительную обратную связь.

### Сравнительное тестирование

Для сравнения с предлагаемым решением были выбраны следующие способы слепого ввода текста: *MDITIM* и *Eyes-free keyboard*.

Для ввода текста использовался планшет *Samsung Galaxy Tab 7 (P1000)*. Мобильное устройство было расположено так, что участники не могли видеть его экран, но им было удобно вводить росчерки. В качестве синтезатора речи использовался стандартный для ОС *Android Pico TTS*.

Авторами было разработано два прототипа методов ввода (предлагаемое решение и *MDITM*) и тестовое приложения для замера скорости ввода и количества ошибок, которое вычислялось при помощи расстояния Левенштейна (цена замены, вставки и удаления символа равняется 1). Замер времени набора фразы начинался с момента ввода первого символа и останавливался, когда длины тестовой и вводимой фраз становились равны.

Предикативный алгоритм, используемый в предлагаемом решении, всегда «угадывал» правильное слово, то есть не было слов, которые вводились бы одинаковыми последовательностями росчерков. Тестовые фразы для эксперимента были позаимствованы из работы [6] и дополнены точкой в конце предложения. Причиной выбора английских фраз послужил тот факт, что алфавит *MDITM* представлен только символами английского алфавита [3], и авторам хотелось избежать модификации метода ввода для последующего сравнения результатов с оригинальной работой. Уровень знания английского языка участников эксперимента был не ниже среднего.

В задачу испытуемых входило изучение и запоминание предложенной тестовой фразы. Во время набора текста пользователь смотрел на схему используемого способа ввода. Это позволило свести задачу ввода к так называемой «задаче с одним фокусом внимания» [5].

Перед началом серии замеров участникам давалось по 10 минут на каждый метод ввода, чтобы познакомиться с ним и потренироваться вводить тестовые фразы. В совокупности было произведено 162 опыта. После выполнения всех тестов участников просили оценить каждый из способов по 5-ти бальной шкале (можно было называть один знак после запятой).

После статистической обработки результатов были получены результаты, приводимые в табл. 1.

Таблица 1. Результаты сравнительного тестирования 3-х методов ввода

	<i>Eyes-free keyboard</i>	<i>MDITM</i>	Предлагае мый метод
Максимальная скорость (слов/мин)	5,7	8,5	20,8
Последний замер скорости (слов/мин)	4,0	6,8	16,3
Первый замер скорости (слов/мин)	2,8	4,0	9,4
Рост скорости (%)	43	70	73
Среднее количество ошибок (%)	7,0 ( $\sigma = 2,3$ )	12,0 ( $\sigma = 2,7$ )	11,2 ( $\sigma = 3,3$ )
Субъективная оценка	2,1	3	4,8

Тестовое приложение замеряло скорость ввода в символах в минуту. Для перевода единиц измерения в более распространенные «слова в минуту» было принято, что в среднем для английского языка длина слова составляет 5 символов [5].

В табл. 1 указано среднее количество ошибок, поскольку исследование [5] показало, что данная величина неизменна для конкретного способа ввода текста.

Для оценки скорости обучения воспользуемся классической кривой обучения  $S_N = aN^b$ , где  $N$  – это номер сессии,  $S_N$  – скорость ввода во время  $N$ -ой сессии,  $a$  и  $b$  – коэффициенты, полученные методом наименьших квадратов, причем  $a \approx S_1$ , первому замеру скорости ввода. Кривые обучения исследуемых методов выглядят следующим образом:

- *Eyes-free keyboard*:  $S_N = 2.82N^{0.14}$  ( $\sigma = 0.18, R^2 = 0.79$ );
- *MDITIM*:  $S_N = 3.89N^{0.25}$  ( $\sigma = 0.24, R^2 = 0.95$ );
- Предлагаемый метод:  $S_N = 8.96N^{0.19}$  ( $\sigma = 0.50, R^2 = 0.94$ ).

### Оценка максимальной скорости предлагаемого метода

Для оценки пиковой скорости пользователя-эксперта воспользуемся методикой, предложенной в работе [2].

Для проведения эксперимента были выбраны испытуемые из предыдущего эксперимента с наибольшими показателями скорости ввода с использованием предлагаемого решения.

Аппаратное обеспечение соответствовало таковому в предыдущем эксперименте. Тестовое приложение было доработано с учетом требований эксперимента из работы [2]. Кроме того, программное обеспечение записывало время подготовки пользователя (с момента отрыва указательного устройства от сенсорного экрана до начала следующего росчерка) и время вычерчивания самого росчерка.

Были выбраны росчерки 9-ти типов, соответствующие символам английского алфавита и пробелу. Испытуемым предлагалось как можно быстрее вычертить росчерк одного типа следующий за вводом росчерка другого типа (всего 81 пара). Наименьшее значение из серии вводов записывалось в таблицу, а затем усреднялось между двумя участниками, в соответствии с рекомендацией в работе [2].

Результаты произведённых замеров представлены в табл. 2.

Таблица 2. Время парных действий предлагаемого метода в секундах

	↑	↑→	←	↑←	→	↓←	↓	↓→	→←
↑	0,222	0,292	0,204	0,395	0,187	0,32	0,144	0,297	0,388
↑→	0,295	0,326	0,268	0,343	0,236	0,359	0,261	0,364	0,338
←	0,223	0,304	0,173	0,352	0,175	0,333	0,226	0,342	0,361
↑←	0,306	0,431	0,228	0,384	0,246	0,351	0,261	0,398	0,383

→	0,204	0,319	0,15	0,349	0,167	0,334	0,196	0,32	0,358
↓←	0,302	0,353	0,224	0,312	0,248	0,382	0,238	0,347	0,371
↓	0,213	0,285	0,162	0,329	0,197	0,377	0,157	0,316	0,316
↓→	0,262	0,378	0,237	0,328	0,206	0,368	0,256	0,376	0,375
→←←	0,252	0,372	0,231	0,385	0,274	0,384	0,263	0,324	0,336

Частоты появления диграфов для английского языка взяты из работы [8]. В результате расчетов пиковая скорость эксперта составила 40,8 слов в минуту.

### Обсуждение результатов

Сравним значения скоростей, полученные в первом эксперименте, с данными других авторов. Известные значения скоростей слепого ввода на мобильных устройствах с сенсорным экраном сведены в табл. 3.

Таблица 3. Значения скоростей ввода различных методов

Наименование метода	Скорость слепого ввода последнего замера (слов/мин)	Максимально достигнутая скорость (слов/мин)
<i>No-Look Notes</i>	1,32	1,67
<i>Eyes-free keyboard</i> (данные эксперимента)	4,0	5,7
<i>MDITIM</i> (данные эксперимента)	6,8	8,5
<i>Adaptive Blind Interaction Technique</i>	7,0	12,0
<i>Eyes-free Graffiti</i>	9,5	-
Предлагаемый метод (данные эксперимента)	16,3	20,8

Данные для *MDITIM* из табл. 3 соответствуют данным, полученным его автором для сенсорной панели [3].

Заметим, что значение количества ошибок предлагаемого решения в табл. 1 является несколько завышенным. Причиной тому послужил тот факт, что в случае ошибки предикативный алгоритм, не найдя в словаре нужной последовательности росчерков, генерировал слово, состоящее из первых символов всех выбранных групп. Для оценки реального количества ошибок предлагаемого метода ввода был проведен дополнительный эксперимент, где в ходе 48 опытов испытуемый использовал побуквенный вариант предлагаемого метода. Количество ошибок данного способа составило 9,4 % ( $\sigma = 5,7$ ).

Данный показатель не является низким, но его значение находится между соответствующими значениями *Eyes-free keyboard* и *MDITIM*.

### **Выводы**

По результатам проделанной работы можно сделать следующие основные выводы: применение угловых росчерков взамен диагональным позволяет сократить количество ошибок при слепом вводе алфавитно-цифровой информации; использование знакомой раскладки позволяет добиться высоких показателей первых замеров скорости ввода; использование коротких росчерков увеличивает абсолютную скорость набора и лишь незначительно влияет на параметр роста скорости.

### **Заключение**

Следует непременно отметить преимущества предложенного решения, которые заключаются в следующих положениях: самая высокая скорость набора среди всех существующих методов слепого ввода текста; возможность ввода при угле наклона устройства вплоть до 45°, а с использование датчика положения – при любом угле наклона; возможность комфортного ввода одной и/или обеими руками.

По нашему мнению, одним из возможных путей развития предлагаемого решения является разработка техники, которая позволит существенно уменьшить временной интервал между вводом отдельных росчерков, что обеспечит большую эффективность человеко-машинного взаимодействия.

### **Список литературы**

1. Манахов П. А., Ковшов Е. Е. Совершенствование метода сенсорного ввода текста для людей с ограниченными возможностями зрения // Прикладная информатика. № 1. 2012. С. 75-84.
2. Hughes D., Warren J., Buyukkokten O. Empirical Bi-Action Tables: A Tool for the Evaluation and Optimization of Text-Input Systems. Application I: Stylus Keyboards // Human-Computer Interaction. Vol. 17. 2002. P. 131-169.
3. Isokoski P., Raisamo R. Device independent text input: A rationale and an example // In Proc. AVI 2000. ACM, New York. 2000. P. 76-83.
4. Kurtenbach G., Buxton W. The limits of expert performance using hierarchic marking menus // In Conference proceedings on Human factors in computing systems. ACM, New York. 1993. P. 482-487.
5. MacKenzie I.S., Soukoreff R.W. Text Entry for Mobile Computing: Models and Methods, Theory and Practice // Human-Computer interaction 17 (2). 2002. P. 147-198.
6. MacKenzie I.S., Zhang S.X. The design and evaluation of a high-performance soft keyboard // Proc. CHI '99. ACM, New York. 1999. P. 25-31.

7. No-Look Notes: Accessible eyes-free multi-touch text entry / M. Bonner, J. Brudvik, G. Abowd, W.K. Edwards // Proc. Pervasive '10, Springer. 2010. P. 409-427.
8. Soukoreff R.W., MacKenzie I.S. Theoretical upper and lower bounds on typing speed using a stylus and soft keyboard // Behavior & Information Technology, 14. 1995. P. 370-379.
9. Tinwala H., MacKenzie I.S. Eyes-free text entry on a touchscreen phone // Proceedings of the IEEE Toronto International Conference – Science and Technology for Humanity – TIC-STH 2009. IEEE, New York. 2009. P. 83-89.
10. Yfantidis G., Evreinov G. Adaptive Blind Interaction Technique for Touchscreens // Universal Access in the Information Society, 4 (4). 2006. P. 328-337.

Рецензенты:

Шептунов С. А., д.т.н., проф., заместитель директора по научной работе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института конструкторско-технологической информатики Российской академии наук, г. Москва.

Митрофанов В. Г., д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Автоматизированные системы обработки информации и управления» ФГБОУ ВПО МГТУ «СТАНКИН», г. Москва.