

Рис. 3. Зависимости $P_{ТСОТ\ од}$ и $P_{ТСОТ\ гр}$ от достоверности канала p АСК при увеличивающихся интенсивностях поступающей нагрузки от $\rho_{од}$, $\rho_{гр}$ и $V_{min\ од}$, $V_{min\ гр}$ для одиночного и группового типов обслуживания

При пограничном уровне $p_{пгр}$ достоверности канала p , соответствующей точке пересечения кривых при нагрузках $\rho_{од2}$ и $\rho_{гр2}$, одиночное и групповое типы обслуживания по критерию

рию (6) оптимальны в равной степени, т. е. $P_{ТСОТ\ од}(p, \rho_{од}) = P_{ТСОТ\ гр}(p, \rho_{гр})$. При $p > p_{пгр}$ оптимально одиночное обслуживание, а при $p < p_{пгр}$ — групповое.

Зависимости, представленные на рис. 3, могут быть положены в основу методики работы управляющего органа АСК, реагирующего на изменения интенсивностей нагрузки $\rho_{од}$, $\rho_{гр}$ и достоверности каналов p , переводящего АСК на одиночное или групповое обслуживание по критерию оптимальности (6).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Клейнрок Л. Теория массового обслуживания. М.: Машиностроение, 1979.
2. Вентцель Е. С. Теория вероятностей: Учеб. пособ. для вузов. М.: Высш. школа, 2001. 575 с.
3. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. М.: Мир, 1968. 720 с.

УДК 519.854

Математическая модель создания национальной клавиатуры

Р. М. АЛГУЛИЕВ, д-р техн. наук, проф., Т. Г. КЯЗИМОВ, канд. физ.-мат. наук

Институт информационных технологий Национальной академии наук Азербайджана, г. Баку

Рассмотрена оптимизационная модель расположения букв любого национального алфавита на клавиатуре компьютера. Построенная модель относится к числу задач целочисленного программирования и может быть решена с помощью метода ветвей и границ. Модель универсальна и, в принципе, не зависит от конкретного языка.

Приобщение развивающихся стран к современным новейшим мировым достижениям в областях компьютерной технологии, информационно-технических средств телекоммуникаций протекает в тесной связи с решением вопросов национальных интересов и учетом региональных особенностей.

Широкое применение компьютерной техники в различных областях человеческой деятельности, несомненно, требует создания и применения дополнительных технических и программных средств, учитывающих национальные интересы и особенности страны в целях повышения эффек-

тивности их использования. В этом смысле учет вопросов связанных с языковыми, нравственно-этическими, биологическими, историческими и другими факторами, имеет особое значение.

Производители компьютеров и программных средств крупнейших фирм мира стараются учитывать, по возможности, некоторые из этих факторов при конкретных поставках. Однако имеются такие факторы и особенности, что задача их учета требует серьезных научных, технических и практических исследований. Конечно же, при этом результаты работ должны соответствовать мировым стандартам.

Одной из таких задач является создание национальной компьютерной клавиатуры любой страны. Актуальность и общегосударственная значимость этой проблемы не вызывает сомнения.

Бурное развитие в последние десятилетия XX в. информационно-коммуникационных технологий, технических средств создания электронных информационных ресурсов существенно вытесняет на второй план бумажную систему накопления, обработки и передачи информации. В этой связи компьютерная клавиатура как средство ввода информации играет особую роль при создании баз данных в безбумажных информационно-технологических системах.

Несомненно, большая часть информации вводится с помощью клавиатуры. Поэтому создание национальной клавиатуры, отвечающей общепринятым научным критериям, грамматическим законам языка, имеет не только чисто научное значение, но и немаловажное практическое значение.

На сегодняшний день вопрос научно обоснованного расположения букв алфавита на стандартной компьютерной клавиатуре (Microsoft standard 101/102) в странах СНГ особенно остро стоит по двум основным причинам. Первая из них заключается в том, что широко распространенный на сегодня вариант расположения на клавиатуре букв алфавита национального языка, построенный на базе русской клавиатуры, и менее распространенный вариант, построенный на базе английской клавиатуры, не удовлетворяют ни общепринятым научным требованиям и принципам создания клавиатуры, ни грамматическим законам языка [1]. Вторая, и немаловажная, причина — это отсутствие единой системы кодировки шрифтов алфавита на латинской графике и на кириллице. Это создает многочисленные проблемы пользователю при переходе от одного шрифта к другому и в преобразовании уже имеющихся огромных информационных ресурсов в электронном виде.

Решению данной проблемы, в частности для азербайджанского языка, были посвящены работы [1, 2]. В данной работе, в отличие от имеющихся, задача сводится к решению оптимизационной модели.

Известно, что при размещении букв алфавита на клавиатуре должны быть учтены в основном следующие факторы и условия [1, 3]:

- экономное движение рук и пальцев;
- сила и активность пальцев;
- статистическая частота появления отдельных букв и их двойных сочетаний;

- сбалансированное распределение нагрузки между руками и пальцами;
- минимизация количества трудных движений (барьерных и боковых) пальцев.

Теперь, исходя из принципа, что любой палец может нажимать любую клавишу, сформулируем общую математическую задачу, позволяющую найти оптимальное расположение букв алфавита на клавиатуре. Оптимальность здесь понимается в смысле минимизации затрат энергии рук на набор любого фиксированного статистического текста (ФСТ — это гипотетический текст, удовлетворяющий среднестатистическим параметрам языка). То есть, речь идет о нахождении такого расклада букв на клавиатуре, при котором затраты энергии рук с учетом основных условий были бы меньше, чем затраты при любом другом раскладе.

Пусть $A = (a_i \in A; i = \overline{1, n})$ — множество букв алфавита, $K = (k_j \in K; j = \overline{1, 33})$ — множество клавиш домашнего ряда клавиатуры (рисунок) и $B = (b_m \in B; m = \overline{1, 8})$ — множество пальцев рук, пронумерованных по порядку, начиная с мизинца левой руки, не считая больших пальцев обеих рук. Как правило, большие пальцы рук используются для нажатия пробельной клавиши.

Введем трехмерную матрицу смежности

$$X = \|x_{ijm}\|, (i = \overline{1, n}; j = \overline{1, 33}; m = \overline{1, 8}),$$

элементы которой определяются следующим образом:

$$x_{ijm} = \begin{cases} 1, & \text{если буква } a_i \text{ расположена на клавише } k_j \\ & \text{и палец } b_m \text{ нажимает ее;} \\ 0 & \text{— в противном случае.} \end{cases} \quad (1)$$

Если учитывать естественные условия, что одна буква может находиться только на одной клавише и ее может нажать только один палец, то должны выполняться следующие равенства:

$$\sum_{j=1}^{33} \sum_{m=1}^8 x_{ijm} = 1, \quad \forall i = \overline{1, n}; \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{m=1}^8 x_{ijm} = 1, \quad \forall j = \overline{1, 33}; \quad (3)$$

$$\sum_{m=1}^8 x_{ijm} = 1, \quad \forall i = \overline{1, n}; j = \overline{1, 33}; \quad (4)$$

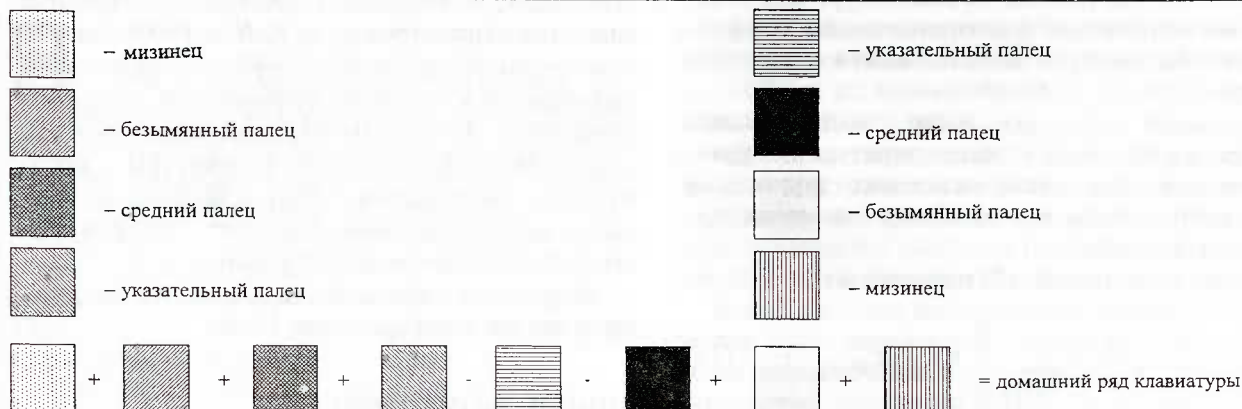
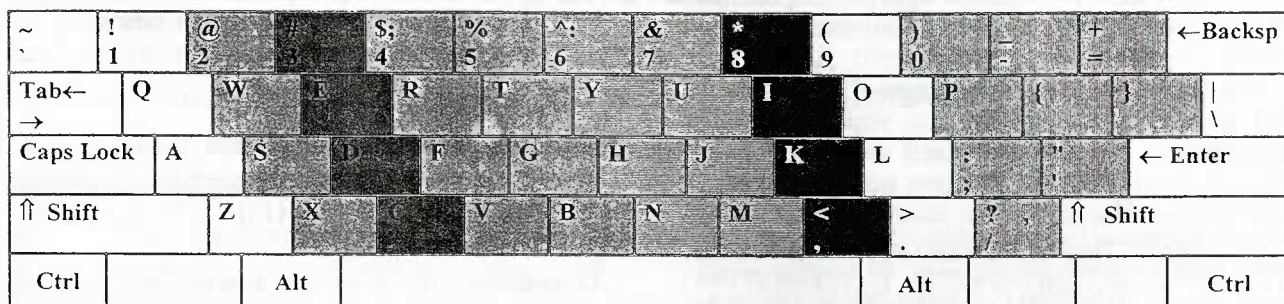
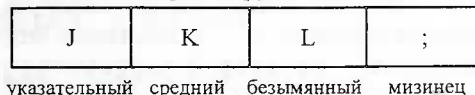
$$\sum_{j=1}^{33} \sum_{i=1}^n \sum_{m=1}^8 x_{ijm} = n. \quad (5)$$

Основное положение рук

Пальцы левой руки



Пальцы правой руки



Клавиатура компьютера и основное расположение рук на ней

Энергия (т. е. работа) e_{jm} , затраченная пальцем b_m на нажатие клавиши k_j , будет

$$e_{jm} = s_{jm} f_m, \quad j = \overline{1, 33}, \quad m = \overline{1, 8}, \quad (6)$$

где s_{jm} — расстояние от основного положения пальца b_m (см. рисунок) до клавиши k_j ; f_m — сила удара пальца b_m . Силу удара f_m , $m = \overline{1, 8}$, каждого пальца можно рассматривать как безразмерную величину, соответствующую нагрузке того же пальца.

Тогда общую энергию E , затраченную руками на набор ФСТ, можно представить в следующем виде:

$$E = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{33} \sum_{m=1}^8 p_i s_{jm} f_m x_{ijm}, \quad (7)$$

где p_i — частота появления буквы a_i ($i = \overline{1, n}$) в ФСТ.

Очевидно, что E состоит из двух слагаемых:

$$E = E_L + E_R, \quad (8)$$

где E_L — энергия, затраченная левой рукой; E_R — энергия, затраченная правой рукой, которые определяются следующими выражениями:

$$E_L = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{33} \sum_{m=1}^4 p_i s_{jm} f_m x_{ijm}, \quad (9)$$

$$E_R = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{33} \sum_{m=5}^8 p_i s_{jm} f_m x_{ijm}. \quad (10)$$

Таким образом, задача оптимального расположения букв алфавита на клавиатуре сводится к нахождению таких x_{ijm} , $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, 33}$, $m = \overline{1, 8}$, которые минимизируют функционал

$$E \rightarrow \min \quad (11)$$

и удовлетворяют условиям (2)—(5):

$$|E_L/E - N| < \varepsilon, \quad (12)$$

где N — среднестатистическая нагрузка, падающая на левую руку; ε — допустимое отклонение значения N .

Очевидно, что данная модель относится к числу задач целочисленного программирования, которая может быть решена с помощью метода ветвей и границ [4].

Следует отметить, что задача (11), (2)—(5), (12) может быть существенно упрощена, если закрепить за каждой клавишей конкретный палец, т. е. знать, каким пальцем по каким клавишам ударять. Известно, что этому вопросу посвящено значительное количество литературных источников, рекомендующих усовершенствованные методы работы на клавиатуре для обеспечения оптимально функционального комфорта, повышения производительности и качества набора.

Учитывая сказанное выше, воспользуемся довольно известным и общепринятым методом, рекомендуемым место основного положения рук и какими пальцами по каким клавишам ударять (см. рисунок).

Тогда функционал (7) примет вид

$$\bar{E} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{33} p_i \bar{s}_j \bar{f}_j \bar{x}_{ij}, \quad (13)$$

где

$$\bar{x}_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если буква } a_i \text{ расположена на клавише } k_j, \\ 0 & \text{— в противном случае;} \end{cases}$$

\bar{s}_j — расстояние от основного положения пальца, нажимающего клавишу k_j , до самой клавиши k_j ; \bar{f}_j — сила удара пальца, нажимающего клавишу k_j .

Условия (2), (3), (5) будут выглядеть следующим образом:

$$\sum_{j=1}^{33} \bar{x}_{ij} = 1; \quad (14)$$

$$\sum_{i=1}^n \bar{x}_{ij} = 1; \quad (15)$$

$$\sum_{j=1}^{33} \sum_{i=1}^n \bar{x}_{ij} = n. \quad (16)$$

В этом случае условие (12) можно представить в следующем виде:

$$|\bar{E}_L/\bar{E} - N| < \varepsilon, \quad (17)$$

где $\bar{E}_L = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{33} \sum_{m=1}^4 p_i \bar{s}_j \bar{f}_j \bar{x}_{ij} c_{jm}$ и

$$c_{jm} = \begin{cases} 1, & \text{если палец } b_m \text{ нажимает на клавишу } k_j, \\ & j = \overline{1, 33}, \quad m = \overline{1, 8}; \\ 0 & \text{— в противном случае} \end{cases}$$

— известная двухмерная матрица.

Таким образом, теперь можно рассматривать более упрощенную задачу (13)—(17) вместо задачи (11), (2)—(5), (12).

Очевидно, что перед тем, как решить одну из этих задач, необходимо определить конкретные значения параметров $p_i, s_j, f_j, N, \varepsilon$. Некоторые из этих параметров общеизвестны, а некоторые, имеющиеся в научных публикациях, подлежат уточнению. Тем не менее, для разработки уже конкретной национальной клавиатуры с оптимальным размещением букв алфавита необходимы дополнительные научные, программно-экспериментальные исследования.

Результаты работы были доложены на международных конференциях [5, 6].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аббасов А. М., Касумов В. А. Создание стандартной компьютерной клавиатуры на базе азербайджанского алфавита // Изв. АН Азербайджана. Сер. физ.-тех. и мат. наук. 1986. № 6. С. 205—208.
2. Гаджиев А. Г., Эфендиев Г. Дж. О создании единой компьютерной клавиатуры букв азербайджанского алфавита // Изв. НАН Азербайджана. Сер. физ.-тех. и математ. наук. 2002, № 2—3, стр. 20—25.
3. Соловьева К. К. Курс современной машинописи. М., 1981.
4. Сергиенко И. Б. Математические модели и методы решения задач дискретной оптимизации. М.: Мир, 1982.
5. Алгулиев Р. М., Кязимов Т. Г. Об одной математической модели оптимального расположения букв азербайджанского алфавита на клавиатуре компьютера. Междунар. научно-техн. конф. Информационные технологии и системы (НИТНОЭ-2003). Владикавказ, 2003. С. 347—351.
6. Алгулиев Р. М., Кязимов Т. Г. Об одной математической модели оптимального расположения букв азербайджанского алфавита на клавиатуре компьютера // Сб. тезисов докл. Междунар. научно-техн. конф. Теория и техника передачи, приема и обработки информации. Харьков—Туапсе-2003. С. 288—289.