

РЕЧЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МНОГОМОДАЛЬНЫХ ИНТЕРФЕЙСАХ

А. А. Карпов, А. Л. Ронжин, И. В. Ли, А. Ю. Шалин

Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН
199178, Санкт-Петербург, 14-я линия В.О., д.39

<ronzhin@iias.spb.su>, <www.spiiras.nw.ru/speech>

УДК 681.3

А. А. Карпов, А. Л. Ронжин, И. В. Ли, А. Ю. Шалин. **Речевые технологии в многомодальных интерфейсах** // Труды СПИИРАН. Вып. 2., т. 1. — СПб.: СПИИРАН, 2004.

Аннотация. В статье предлагается краткий обзор существующих архитектур многомодальных интерфейсов и систем, использующих речь в качестве одного из основных компонентов ввода информации. Приводятся основные отличия одномодальных и многомодальных интерфейсов, а также возможные способы объединения информации от различных модальностей. Описываются области применения многомодальных интерфейсов, как в современных, так и в перспективных системах человеко-машинного взаимодействия. — Библ. 22 назв.

UDC 681.3

A. A. Karpov, A. L. Ronzhin, I. V. Lee, A. Yu. Shalin. **Speech technologies in multimodal interfaces** // SPIIRAS Proceedings. Issue 2, vol. 1. — SPb.: SPIIRAS, 2004.

Abstract. The brief survey of existent architectures of multimodal interfaces and systems, which use speech as one of the main components of information input, is presented in this paper. The key differences between unimodal and multimodal interfaces as well as possible methods for multimodal information fusion are presented. The applied domains of multimodal interfaces both in state-of-the-art and in perspective systems of human-computer interaction are described. — Bibl. 22 items.

Введение

Взаимодействие человека с компьютером в естественной форме, подобной общению между людьми, является одной из самых важных и сложных задач искусственного интеллекта. Исследования, посвященные распознаванию речи, лица, положения человека в окружающем пространстве, ведутся уже более 50 лет. Однако, системы, объединяющие различные способы ввода информации в едином интерфейсе стали разрабатываться совсем недавно. Такие интерфейсы и системы получили название многомодальных (мультимодальных) интерфейсов. Положение, которое занимают многомодальные интерфейсы в общей структуре человеко-машинного взаимодействия показано на рис. 1. Многомодальный интерфейс естественен для межчеловеческого общения. Мы сами выбираем, какой канал, для передачи какого типа информации нам наиболее удобно использовать в данный момент. Также важна возможность одновременного взаимодействия по разным каналам.

Многомодальные интерфейсы могут параллельно обрабатывать два или более выраженных человеком потока информации, таких как речь, рукописный ввод, жесты, движения глаз, головы, тела, и т.д. Первой многомодальной системой принято считать систему "Put That There", созданную в США в 1980-х годах. В ней использовалась речь в комбинации с жестовым указанием на объект при помощи сенсорной панели.

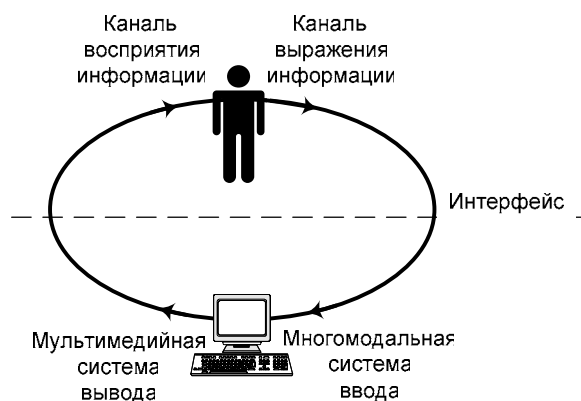


Рисунок 1. Общая структура человеко-машинного взаимодействия

С тех пор появились новые перспективные комбинации модальностей, архитектуры многомодальных систем и области их использования, наиболее популярные из которых описываются в данной статье. Речевой ввод по-прежнему играет важнейшую роль в многомодальных интерфейсах, поэтому от качественной реализации распознавателей речи во многом зависит качество многомодальных систем и в данной статье особое внимание уделяется речевой модальности и ее комбинациям с другими естественными для человека способами выражения и передачи информации.

1. Основные различия многомодальных и одномодальных интерфейсов

В отличие от традиционных компьютерных интерфейсов на основе клавиатуры и мыши или одномодальных интерфейсов, многомодальные системы обеспечивают более гибкое использование входных потоков информации. Это дает возможность выбирать наиболее удобный способ передачи различной входной информации. Некоторые комбинации модальностей для передачи информации хорошо подходят для отдельных ситуаций и прикладных задач, но хуже или даже совсем неприменимы для других. Возможность выбора модальности пользователем — важная черта многомодальных интерфейсов. С усложнением и увеличением функциональности систем, одномодальный ввод становится узким местом в системе, из-за того, что он не позволяет вести интерактивный диалог с пользователем с необходимой эффективностью и естественностью.

Используемые естественные коммуникативные каналы могут очень сильно влиять на вид передаваемой с их помощью информации. Из последних исследований стало известно, что язык диалога, используемый в многомодальных интерфейсах, качественно отличается от языка исключительно речевых интерфейсов [1]. Различие очевидно в таких параметрах как: краткость, семантическая насыщенность, синтаксическая сложность, порядок слов, степень двусмысленности, точность определений и т.д. Во многих случаях язык многомодальных систем гораздо проще и естественнее, чем язык одномодальных интерфейсов и, в частности, речевых интерфейсов (например, с помощью комбинации “речь + указание рукой” работать с картографической системой гораздо удобнее, нежели только при

помощи речи). Упрощение языка диалога ведет к более надежному и робастному взаимодействию человека с машиной.

В современных многомодальных системах каждый из параллельно обрабатываемых потоков данных несет свою семантическую информацию, при этом различают активные и пассивные способы ввода информации (модальности). Активные модальности применяются пользователем намеренно для подачи явных команд компьютеру (например, при помощи речи или жестов). Пассивные модальности имеют отношение к естественным проявлениям действий или поведения человека и сопутствуют активным модальностям (например, артикуляция губ неизбежно возникает при произнесении речевых команд). Они влекут за собой непрерывный пользовательский ввод, который безостановочно контролируется компьютером.

В отличие от одномодальных интерфейсов, при разработке многомодальных интерфейсов возникают новые ключевые проблемы, связанные с синхронизацией, совместной обработкой и объединением многомодальной информации. В следующем разделе представлены некоторые подходы и стратегии, применяемые при совместной обработке информации от различных естественных для человека модальностей.

2. Наиболее эффективные комбинации модальностей

В настоящее время наибольшее распространение получили бимодальные интерфейсы. Наиболее часто используемыми и эффективными комбинациями модальностей являются такие как: речь и рукописный ввод, речь и артикуляция губ, речь и указание рукой или взглядом.

В некоторых комбинациях одна и та же семантическая информация может передаваться по разным каналам (т.е. дублироваться), что позволяет объединять ее на уровне параметрического представления (например, речь и артикуляция губ) и распознавать ее с большей точностью и устойчивостью. В других системах по разным каналам передается семантически различная информация (например, речь и жесты), которая впоследствии объединяется на уровне принятия решения.

Далее рассмотрим пять типовых архитектур многомодальных интерфейсов, получивших широкое распространение и использующих речь в качестве одного из способов передачи информации.

2.1. Интерфейс, объединяющий речь и жесты

Основной целью подобных систем является манипулирование пространственными объектами посредством указания на них пером или рукой (частный случай жестового ввода) с одновременным произнесением речевой команды. Наиболее часто данная комбинация используется в различных картографических системах, управляемых голосом и жестами (например, для определения необходимого маршрута), а также в системах управления оборудованием или роботами. При работе с таким интерфейсом гораздо удобнее указать на объект жестом или пером, нежели описывать его словами. Несмотря на то, что непосредственное указание на объект является наиболее распространенным жестом, некоторые многомодальные системы могут

распознавать несколько десятков других жестов, подаваемых человеком при помощи рук [2].

Типичный процесс совместной обработки жестов и речи показан на рис. 2 [1]. На первых двух этапах обработки информация, поступающая по разным каналам, обрабатывается параллельно и независимо. Далее обработанная информация в форме наборов лучших гипотез по каждой из модальностей объединяется (используя, фреймо-ориентированные или иные семантические подходы) в единое представление с учетом ситуативного контекста. Важным этапом здесь является синхронизация информации, поступающей от разных каналов, так как временное расхождением между речью и жестом, выражающими один многомодальный коммуникативный акт может достигать нескольких секунд. Наилучшая гипотеза, полученная после интеграции модальностей, передается в подсистему управления диалогом, которая обеспечивает связь с приложением и формирование мультимедийной ответной реакции (графический вывод, синтез речи, и т.д.).



Рисунок 2. Многомодальный интерфейс, объединяющий речь и жесты

Нетривиальный вопрос, возникающий в процессе разработки и работы с многомодальной системой, заключается в предсказании того, когда пользователь будет общаться с системой многомодально, а когда одномодально. Необходимо учитывать, что человек выбирает тип взаимодействия в зависимости от выполняемого действия. В частности, пользователь почти всегда управляет многомодально, когда описывает пространственную информацию о местоположении, количестве, размерах, направлении, очертаниях объекта. Пользователи также часто взаимодействуют

многомодально при выборе объекта из большого набора, например, выбирая отдельный объект на географической карте.

Многомодальные системы обработки речи и жестов развиваются в своей архитектуре достаточно быстро и уже подходят к уровню коммерческих приложений. Примерами таких систем являются QuickSet [3], Human-Centric Word Processor, Portable Voice Assistant [4] или VR Aircraft Maintenance Training System [5]. Основные характеристики данных систем приведены в табл. 1.

Таблица 1. Характеристики систем, объединяющих речевой и жестовый ввод

Основные характеристики	Коммерческие многомодальные системы			
	QuickSet	Human-centric word processor	VR Aircraft Maintenance Training	Portable Voice Assistant
Тип жестового ввода и размер словаря	Перьевого ввод, Большой словарь жестов (более 50)	Перьевого ввод, Указание на объект	Ввод рукой, Небольшой словарь жестов	Перьевого ввод, Указание на объект
Размер речевого словаря и тип обработки	Средний словарь, Грамматика	Большой словарь, Статистическая обработка языка	Средний словарь, Грамматика	Небольшой словарь, Грамматика
Области применения	Беспроводные карманные компьютеры, картографические приложения	Управление персональными компьютерами	Системы виртуальной реальности и обучения пилотов	Беспроводные карманные компьютеры, оформление заказов

2.2. Интерфейс, объединяющий речь и артикуляцию губ

В некоторых условиях функционирования (низкое качество звукового сигнала, присутствие внешнего шума или посторонних разговоров) стандартные системы распознавания речи не могут обеспечить требуемое качество работы. Для того чтобы повысить устойчивость работы таких систем можно в дополнение к анализу звуковой информации использовать также визуальную информацию о речи. Такие системы также известны как системы аудиовизуального распознавания речи (audio-visual speech recognition). В них голосовые сообщения обрабатываются совместно с соответствующими движениями губ человека, что позволяет сделать процесс распознавания более эффективным и робастным. При разработке подобных многомодальных систем активно используются данные об аудиовизуальном восприятии речи человеком, а также о человеческих механизмах синхронизации информации.

В настоящее время применяются два основных подхода к объединению звуковой и визуальной информации при аудио-визуальном распознавании речи [6]. Первый метод назван ранним объединением (объединением на уровне признаков — рис. 3). В данном методе независимо вычисляется параметрическое представление звуковой и визуальной информации, а затем, принимая во внимание высокую степень синхронизированности этих источников, образуется единый вектор признаков для каждого сегмента. На этапе классификации (расознавания) чаще всего применяются подходы, использующие Скрытые Марковские Модели (СММ) или нейронные сети. В

архитектуре с ранним объединением СММ создаются и обучаются на базах данных, содержащих размеченную аудио-визуальную информацию от обеих модальностей.



Рисунок 3. Раннее объединение звуковой и визуальной информации о речи

Второй метод объединения информации осуществляет позднюю интеграцию (т.е. объединение на семантическом уровне или уровне принятия решения — рис. 4). Метод поздней интеграции использует независимые друг от друга СММ для обработки звуковых и визуальных сигналов. Объединять здесь можно как потоки фонем и визем (изображения формы губ при произнесении различных фонем), так и слова целиком. При объединении потоков информации от аудио и видео распознавателей результат совместного распознавания может даже превышать суммарную точность распознавания по каждой из модальностей (т.е. наблюдается принцип синергизма). Этот факт известен также при распознавании речи человеком как эффект МакГурка (McGurk) [7], когда правильное решение возникает только при объединении звуковой информации и визуальной информации, получаемой от артикуляции губ.



Рисунок 4. Позднее объединение звуковой и визуальной информации о речи

Окончательное решение о распознанном сообщении принимается с учетом весовых коэффициентов каждой модальности, которые изменяются в зависимости от окружающих условий (уровень шума, освещения, и т.д.). Так, например, важность (соответственно и весовой коэффициент) звуковой информации будет низок в производственных помещениях, в аэропортах и вокзалах, в условиях сильного дождя, и т.д. Визуальная же информация будет практически бесполезна при слабом освещении, ночью, в тоннелях, и т.д. Совместное же использование звуковой и визуальной информации позволяет создавать системы распознавания речи, надежно функционирующие практически в любых окружающих условиях.

Примеры систем аудио-визуального распознавания речи можно найти в многочисленных научных публикациях по данной теме (например [8,9]). Одна из успешных систем аудио-визуального распознавания была реализована в ходе проекта RESPITE [10].

2.3. Интерфейс, объединяющий речь и направление взгляда

Данный тип интерфейсов особенно полезен в системах, создаваемых для помощи людям со специфическими нуждами (например, инвалидам), которые испытывают проблемы при взаимодействии с компьютерами посредством обычных органов управления, таких как клавиатура и “мышь”. Использование направления глаз для управления положением курсора “мыши”, а речи для подачи команд управления графическим интерфейсом компьютера является перспективным направлением в области специализированных систем управления [11]. При работе с данным интерфейсом пользователь может с помощью взгляда указывать на объекты воздействия или выбирать элементы меню.

Структура стандартной системы, совместно распознающей речь и направление взгляда человека, представлена на рис. 5. В этой системе объединение информации происходит таким же образом как при обычной работе с графическим пользовательским интерфейсом (GUI) компьютера, так как модальности передают неперекрывающуюся смысловую информацию (направление взгляда – координаты положения курсора, а речевое сообщение – действие, которое нужно выполнить над объектом, на который указывает курсор в данный момент времени).

Среди успешных реализаций интерфейсов на основе распознавания речи и направления взгляда можно отметить системы EagleEyes [12], Visual Mouse [13], The Eyegaze System [14].



Рисунок 5. Структура интерфейса, объединяющего речь и направление взгляда

Вместо направления взгляда для передачи координат курсора “мыши” также можно использовать положение головы с распознаванием меток на

голове пользователя [15]. Такой интерфейс также может успешно применяться для навигации в системах виртуальной реальности и ряде других приложений.

2.4. Интерфейс, объединяющий направление взгляда, жесты и речь

Как показывают эксперименты в области когнитивной науки, человек обычно смотрит на объект, прежде чем начинает его описывать или производить над ним какие-либо действия [1]. Таким образом, становится возможным предугадать следующий объект человеко-машинного диалога, фиксируя человеческий взгляд, и делая систему более “внимательной” к последующим командам пользователя (Attentive User Interface [16]). В многомодальных системах, использующих жесты, взгляд также является неявным указателем на объект, что позволяет увеличить точность понимания многомодального коммуникативного акта. При этом следует учитывать, что направление взгляда и жестовое указание на объект, как правило, передают избыточную (дублирующую) информацию, а речевая команда несет иную семантическую информацию о смысле действия, которое нужно выполнить. Такой тип многомодальных интерфейсов (рис. 6) называют каскадированными по времени интерфейсами (temporally-cascaded multimodal interfaces) [1], так как информация от разных модальностей поступает и обрабатывается системой последовательно (направление взгляда на объект, жестовое указание на объект и речевая команда).

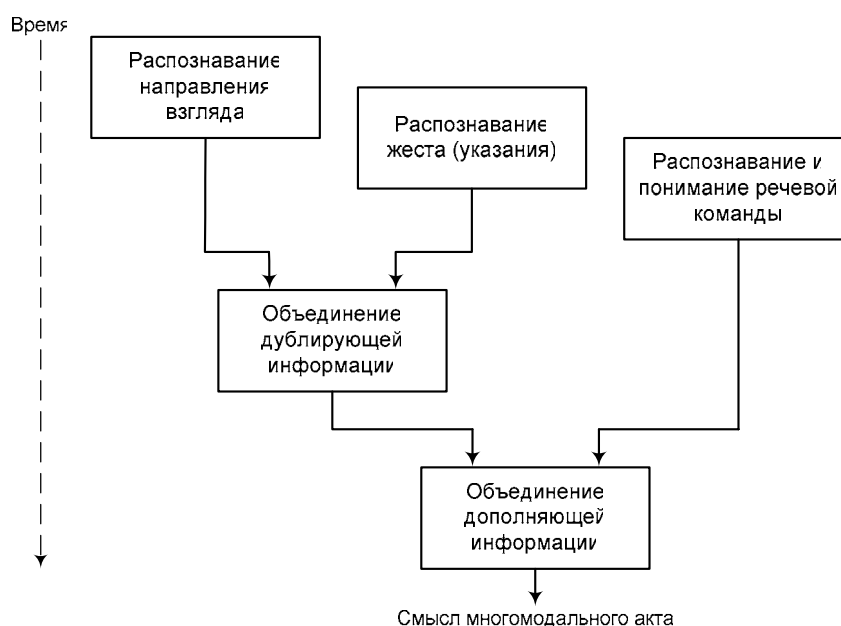


Рисунок 6. Многомодальный интерфейс, объединяющий направление взгляда, жесты и речь

Данная разновидность многомодальных интерфейсов в последние годы активно развивается и реализована в нескольких системах, представленных в ряде научных публикаций [17,18].

2.5. Интерфейс, объединяющий речь и рукописный ввод

В табл. 2 представлены основные возможности и преимущества использования комбинаций ввода-вывода речи и рукописного текста (handwriting) [19].

Таблица 2. Преимущества комбинированного ввода-вывода речи и рукописного текста

	Распознавание речи	Синтез речи
Распознавание рукописного ввода	Голосовой набор текста с рукописными исправлениями	Синтез речи по распознанному рукописному тексту
Синтез рукописного текста	Система переводит речь в рукописный текст	Мультимедийная обработка текста

Интерфейсы, объединяющие речевой и рукописный ввод данных, применяются, в основном, в системах, где обычная клавиатура отсутствует или ее использование затруднительно (например, в карманных компьютерах). При работе с таким интерфейсом пользователь может по своему усмотрению (в зависимости от условий эксплуатации) использовать либо речевой ввод, либо письменный. Подобные интерфейсы могут быть использованы для увеличения скорости и надежности ввода текстовых данных. В некоторых системах также используются такие комбинации, как распознавание речи и синтез текста, когда пользователь диктует текст и исправляет синтезированный письменный текст с помощью пера (например, пользователь может диктовать письмо и в то же время поправлять сделанные системой ошибки с помощью рукописного ввода).

Более детальное описание архитектур многомодальных интерфейсов на основе распознавания речи и рукописного текста, а также существующие прикладные системы представлены в [20,21].

3. Перспективные направления использования многомодальных интерфейсов

В настоящее время многомодальные интерфейсы уже используются в некоторых прикладных областях: картографических системах, системах виртуальной реальности, медицинских системах, робототехнике, web-приложениях, и т.д. Помимо этого многомодальный интерфейс может быть полезен в мобильных устройствах, где использование обычной клавиатуры невозможно. В карманных персональных компьютерах сейчас используются системы распознавания рукописного текста. Комбинирование таких систем с голосовым вводом позволит обмениваться информацией с пользователем более эффективно. Также использование многомодальных интерфейсов актуально в смартфонах (умных телефонах), в которых в настоящее время возможен отдельный ввод с помощью голоса, незергоничной клавиатуры или сенсорного экрана. Оптимальное совместное использование этих коммуникативных каналов позволит пользователю более оперативно и надежно обмениваться информацией с такими устройствами. Ведутся, например, разработки по созданию многомодального доступа к Интернету с помощью смартфонов, оборудованных WAP [22]. При этом навигация будет осуществляться при помощи жестов, а ввод команд посредством голоса.

В многомодальных системах будущего информация от различных видео, аудио, тактильных коммуникативных каналов будет непрерывно распознаваться и использоваться в каждодневной деятельности человека. Такие системы будут отслеживать и объединять информацию от различных сенсоров пользовательского интерфейса и создавать реальное или виртуальное окружение, позволяющее удовлетворить желания пользователя и оперативно адаптироваться к текущей задаче и другим прикладным аспектам. Адаптивные многомодальные системы позволяют создавать новые многофункциональные устройства и обеспечат требуемую гибкость использования персональных и мобильных систем.

4. Заключение

В данной статье кратко рассмотрены основные типы и архитектуры многомодальных интерфейсов и систем, которые используют речевой ввод как один из основных компонентов. Наиболее перспективными областями применения многомодальных интерфейсов являются системы манипулирования объектами и управления техническими устройствами, роботами, а также работа с картографическими системами. Такой интерфейс позволяет обеспечить наиболее эффективное и естественное для человека взаимодействие со стационарным оборудованием или мобильными устройствами.

В России научные исследования по данному направлению начались совсем недавно, и их успешная реализация усложняется тем, что необходимо объединять усилия различных исследовательских групп, занимающихся отдельно распознаванием речи, графической информации, почерка, и т.д. в различных научно-исследовательских институтах. В 2003 году группа речевой информатики СПИИРАН начала фундаментальные и прикладные работы по исследованию перспективных многомодальных интерфейсов и систем в рамках Европейского научного сообщества SIMILAR Network of Excellence, финансируемого ЕС по программе FP6.

Литература

- [1] Oviatt, S. L. Multimodal interfaces. // *The Human-Computer Interaction Handbook: Fundamentals, Evolving Technologies and Emerging Applications* / J. Jacko and A. Sears, Eds. Lawrence Erlbaum Assoc. Mahwah, NJ, 2003. Chap.14. P. 286–304.
- [2] Oviatt, S.L., Cohen, P.R., Wu, L., Vergo, J., Duncan, L., Suhm, B., Bers, J., Holzman, T., Winograd, T., Landay, J., Larson, J. & Ferro, D. Designing the User Interface for Multimodal Speech and Pen-based Gesture Applications: State-of-the-Art Systems and Future Research Directions // *Human Computer Interaction*. 2000. Vol. 15, no. 4. P. 263–322.
- [3] Cohen, P. R., Johnston, M., McGee, D., Oviatt, S., Pittman, J., Smith, I., Chen, L., & Clow, J. Quickset: Multimodal interaction for distributed applications // *Proceedings of the Fifth ACM International Multimedia Conference*, New York: ACM Press. 1997. P. 31–40.
- [4] Bers, J., Miller, S., & Makhoul, J. Designing conversational interfaces with multimodal interaction // *DARPA Workshop on Broadcast News Understanding Systems*. 1998. P. 319–321.
- [5] Duncan, L., Brown, W., Esposito, C., Holmback, H., & Xue, P. Enhancing virtual maintenance environments with speech understanding // *Boeing M&CT TechNet*, 1999.
- [6] Wuerger, S.M., Hofbauer, M. and Meyer G. The integration of auditory and visual motion signals at threshold // *Perception & Psychophysics*. 2003. Vol. 65, no. 8. P. 1188–1196.

- [7] *McGurk H., & MacDonald J. W.* Hearing lips and seeing faces // *Nature*. 1976. No. 264. P. 746–748.
- [8] *Benoit, C., Martin, J.-C., Pelachaud, C., Schomaker, L., & Suhm, B.* Audio-visual and multimodal speech-based systems. // D. Gibbon, I. Mertins & R. Moore (Eds.). *Handbook of Multimodal and Spoken Dialogue Systems: Resources, Terminology and Product Evaluation*. Kluwer, 2000. P. 102–203.
- [9] *Robert-Ribes, J., Schwartz, J.-L., Lallouache, T. & Escudier, P.* Complementarity and synergy in bimodal speech: Auditory, visual, and auditory-visual identification of French oral vowels in noise // *Journal of the Acoustical Society of America*. 1998. Vol. 103, No. 6 P. 3677–3689.
- [10] *Heckmann M., Berthommier F., and Kroschel K.* A Hybrid ANN/HMM Audio-Visual Speech Recognition System // *Auditory-Visual Speech Processing (AVSP'01)*, Aalborg, Denmark, 2001.
- [11] *Corno F., Farinetti L., Signorile I.* An eye-gaze input device for people with severe motor disabilities // *SSGRR-2002s: International Conference on Advances in Infrastructure for e-Business, e-Education, e-Science, and e-Medicine on the Internet*, L'Aquila, August 2002.
- [12] *Gips J. and Olivieri P.* EagleEyes: an eye control system for persons with disabilities // *Presentation at Eleventh International Conference on Technology and Persons with Disabilities*. Los Angeles, 1996.
- [13] *Tinto Garcia-Moreno F.* Eye Gaze Tracking System Visual Mouse Application Development. Report, Ecole Nationale Supérieure de Physique de Strasbourg (ENSPS) and School of Computer Science, Queen's University Belfast, 2001. 77 p.
- [14] LC Technologies, Inc. The Eyegaze System. Fairfax, Virginia, <<http://www.eyegaze.com>>.
- [15] *Berard, F.* The perceptual window: Head motion as a new input stream. // *Proceedings of the IFIP Conference on Human-Computer Interaction (INTERACT99)*. / A.M. Sasse and C. Johnson, Eds. IOS Press, 1999. pp. 238–244.
- [16] *Maglio P. P., Matlock T., Campbell C. S., Zhai S., and Smith B. A.* Gaze and Speech in Attentive User Interfaces // *Proc. of the Third International Conference on Multimodal Interfaces*, Beijing, China, 2000.
- [17] *Oviatt, S.L. & Cohen, P.R.* Multimodal systems that process what comes naturally // *Communications of the ACM*, New York: ACM Press, 2000. Vol. 43, no. 3. P. 45–53.
- [18] *Zhai, S., Morimoto, C., & Ihde, S.* Manual and gaze input cascaded (MAGIC) pointing // *Proceedings of the Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'99)*, New York: ACM Press, 1999. P. 246–253.
- [19] *Schomaker L. et al.* A Taxonomy of Multimodal Interaction in the Human Information Processing System. Report of the ESPRIT PROJECT 8579, February 1995.
- [20] *Jennifer Mankoff and Gregory D. Abowd.* Error Correction Techniques for Handwriting, Speech, and other ambiguous or error prone systems. *GVU TechReport GIT-GVU-99-18*. June 1999.
- [21] *Juan A. et al.* Integrated Handwriting Recognition and Interpretation via Finite-State Models. Technical Report ITI-ITE-01/1, Institut Tecnològic d'Informàtica, València (Spain), July 2001.
- [22] *Niklas Becker.* Multimodal Interface For mobile clients. Technical report TRITA-NA-E01102, December 2001.