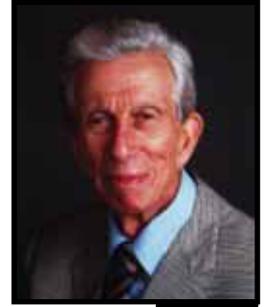


# Полвека в исследованиях фонетики и речи

Фонетика 2000, Шведская встреча по фонетике в Скёвде, 24–26 мая, 2000  
(расширенная версия, внутренний доклад ТМХ)



8 октября 1919 —  
6 июня 2009 гг.

**Фант Г.,**

*кафедра речи, музыки и слуха, КТХ, Стокгольм*

**Краткий обзор более чем за 50 лет опыта работы в фонетике и исследованиях речи. Автор сообщает о своей научной карьере, о росте кафедры в КТХ, делает обзор целей исследований в фонетике, резюме своей деятельности.**

## Введение

Исследования фонетики и речи тесно взаимосвязаны и объединены со многими направлениями гуманитарных и прикладных дисциплин. В Швеции традиционно фонетика и лингвистика имеют прочное положение, и технология работы с речью хорошо развита и уважаема во всём мире. Это на самом деле вдохновляющее поле исследований, значение которого всё возрастает, которое до сих пор занимает меня. Чего мы достигли за полвека? Где мы находимся сейчас и как мы смотрим вперёд? Я не пытаюсь проделать глубокий, тщательный анализ, моя презентация будет отчасти построена на отдельных описаниях, но я надеюсь, что она дополнит панораму, расширив, таким образом, краткое изложение, представленное в Фанте (1998).

## РАННИЙ ПЕРИОД. 1945–1966

### *КТХ и Эрикссон, 1945–1949*

Я окончил факультет телеграфии и телефонии КТХ в мае 1945-го. Мой методист, профессор Торберн Лаурент, специалист по теории линии передач и электрических фильтров, был непредвзятым в отношении междисциплинарных исследований. Мой тезис касался теоретических вопросов отношений между



разборчивостью речи и снижением ширины полосы пропускания объединённой системы, включая эффекты различных типов потери слышимости.

Эта работа подготовила почву для моей работы в акустической лаборатории телефонной компании Эрикссон в 1945–1949 гг. Им нужны были базовые знания о структуре форманта шведских звуков речи в качестве поддержки тестов на разборчивость и для предсказания эффектов выбранного исключения диапазона частот в телефонии. Таким образом, мне была предоставлена свобода действий для разработки оборудования по анализу речи, и я приступил к изучению распределения времени-частоты-интенсивности шведских звуков речи и предложений. Мои инструменты были примитивными, но эффективными. Я сконструировал анализатор волн с ручным постоянным регулированием центральной частоты и выбором широкого или узкого параметра диапазона частот. Он был установлен в специальную эхоическую комнату. Особенность, обычно не сохраняемая в современной практике, — абсолютная тарировка интенсивности во всех записях. Гласные и сонанты анализировались этим прибором, продолжительность звучания составляла 3 секунды. Спектрограммы времени-частоты-интенсивности вручную компилировались из осциллограммы интенсивности в сравнении с временем в значительном количестве диапазона частот. Эти количественные модели были очень похожи на спектрограммы, о которых я недавно узнал из лабораторий видимой речи Белла.

За исключением ранних внутренних докладов Эрикссона, эти данные не публиковались до 1959 г., в монографии Эрикссон Техникс, Фант (1959), которая также включала теорию синтеза основной речи, и была добавлена к моим двум другим диссертационным публикациям (Фант, 1960) и Фант (1958). Одним из итогов работы в Эрикссон был график в контексте аудиограммы основных областей частоты-интенсивности форманты шведских звуков речи в точно определённом звуковом отдалении. Это стало эталоном в учении о слухе, именуемым «банановая форманта». Акустико-фонетическая информация, полученная в то время, была включена в каталог по шведской фонетике (Фант 1957), который был адаптирован для курса фонетики в университете Стокгольма.

#### *МИТ, 1949–1951*

Моя работа в Эрикссон включала подробные спектральные секции взрывных согласных звуков. Когда я приехал в Америку в конце 1949 г., эти данные были представлены на семинаре в Гарвардском университете. Среди аудитории был Роман Якобсон, который с помощью моих данных заполнил недостающее звено в своей теории по реализации компактности и плотности согласных. Так началось наше сотрудничество. Далее последовала командная работа Якобсона, Фанта, Хале (1952). Мои более поздние взгляды на отличительные черты были опубликованы в Фанте (1973).

Пребывание в МИТ в 1949–1950 гг. было очень полезным. Это было время первопроходцев в исследованиях речи как ответвлении лингвистики, теории электрической цепи, психоакустической и информационной теории. Интересным опытом была работа над моделью воспроизведения

в лабораториях Хаскинса. Он имел педагогическую ценность, не превзойдённую цифровыми технологиями последних лет. Со своими интериоризированными знаниями спектральных репрезентаций, полученных в Швеции, я мог изобразить предложение и воспроизвести его. Оно было монотонным, но понятным. Моя работа по теории воспроизведения речи имела хорошее начало в то время. При поддержке Романа Якобсона и Морриса Хале было продолжено рентгеновское изучение длительной артикуляции русских звуков. Это стало основой для моей книги, Фант (1960).

### *Лаборатория звукопередачи, 1951–1966*

По возвращении в Швецию в 1951 г. было сформировано ядро лаборатории звукопередачи. Проект уже начался в 1948 г., когда я, работая по совместительству в КТХ, вёл статистику относительной встречаемости букв, фонем и слов в письменном материале и в телефонных разговорах. Эта информация была обработана моим первым сотрудником, Марианной Рихтер, которая также стала секретарём и сотрудником по финансовым вопросам группы. Результаты нашего исследования были опубликованы в протоколах лингвистической конференции в Осло, 1958. Основная часть сохранилась в конспекте моего курса по речевой коммуникации 1967 г.

Имеет некоторый исторический интерес тот факт, что в 1947 г., когда мы приобрели материал телефонной речи у лаборатории Сведиш телеком, он хранился на старомодном проволочном магнитофоне. После того, как мы затранскрибировали текст, нам пришлось порезать провод на кусочки, чтобы сохранить секретность.

Наш первый синтезатор OVE I (Фант, 1953) был способен воспроизводить вполне естественные гласные и простые предложения, составленные из промежуточных голосовых артикуляционных движений. Ему дали имя в программе по шведскому радио в 1953 г. Ведущий спросил, есть ли у прибора имя. Ну, я смог заставить его произнести имя OVE и так его и окрестили. Позже его интерпретировали как «Оратор Вербалис Электрикус». Наш современный OVE I, спроектированный Джоаном Лильенкрантцем в 1970 г., до сих пор сохранил значительную педагогическую ценность.

OVE II, способный производить неограниченную связную речь, появился в 1961 г. (Фант и Матони, 1962). Он был спрограммирован из функциональных строк, написанных электропроводящими чернилами на листе пластика, и использовал ламповые электронные приборы. Позже Джоаном Лильенкрантцем была разработана транзисторная версия. В 1962 г. во время международного семинара по речевой коммуникации в Стокгольме она вызвала огромный интерес. Янос Мартони и наш гость Джон Холмс продемонстрировали высокое качество копии, произведённой синтезатором.

Случай, о котором стоит упомянуть. Однажды вечером после конференции, без нашего согласия, представитель компании Мельпар в США, Джозеф Кампанелла, сфотографировал и замерил генератор функций, что позволило им произвести достаточно точную копию. Год спустя их синтезатор EVA появился в продаже. Арне Ризберг, который участвовал в нашей оригинальной разработке, и я предъявили иск о компенсации, который был удовлетворён небольшим роляти. Однако системы «Ева» не пользовались спросом, и наша прибыль была незначительной.

В то время важным объектом речевой технологии были системы вокодеров для того, чтобы уменьшение диапазона частот в телефонии комбинировалось с кодированием



для сохранения секретности информации. В компании «Эрикссон» нас проконсультировали по разработке их канального вокодера. Альтернативным подходом стали обрабатывающие синтетические системы кодирования речи по формантам, которые потенциально ближе к теории воспроизводства речи. Но формантные вокодеры не имели успеха. Хорошо известная система компании Мельпар звучала естественно, но недостаточно разборчиво, пример несостоятельности как модели, так и выделения формантных частот. Сейчас в схемах уменьшения диапазона частот используются более усовершенствованные системы.

### *Более поздний период, 1967 — по настоящее время*

Основным важным техническим усовершенствованием в технологии синтеза речи стало преобразование текста в речь. Оно было разработано Рольфом Карлсоном и Бьёрн Гранстрём, которые работали над языковой и фонетической программой, взаимодействующей с OVE II (Карлсон и Гранстрём, 1975, 1991). Прикладные технологии в приборах для чтения для слепых и в разговорных приборах для людей с дефектами речи имели важное значение, и их прототип подготовил почву для программ в общих информационных системах.

Финансовая поддержка была получена в 1959–1973 гг. посредством американских грантов, предоставленных ВВС США и армии США и Национальным институтом здравоохранения. Это дало нам возможность значительно увеличить базовые исследования, которые продолжались при возрастающей поддержке шведских фондов.

Поддерживались исследования в речеобразовании, синтезе и восприятии речи, включая звуковое моделирование, и рассматривался широкий диапазон программ для людей с дефектами. Сильно развивалась музыкальная акустика, которая постепенно приобрела важную роль в общих и клинических исследованиях человеческого голоса.

Наш квартальный отчёт о текущем состоянии лаборатории по передаче речи, STL-QPSR, сейчас TMI-QPSR, был начат в 1960 и распространялся бесплатно, к настоящему времени более чем среди 800 человек и учреждений в 50 странах. Со временем у нас появилось огромное количество авторов. Фонетическое исследование было начато Бьёрном Линдбломом и Свенном Охманом в 1960. Наиболее продуктивными авторами на предмет количества научного вклада (смотрите кумулятивный индекс в STL-QPSR 1/1995) стали Ева Агелфорс, и т. д. В музыкальной акустике наибольший вклад внесли Андерс Аскенфельт, Франс Франссон, Эрик Янсон, Джоан Сундберг и Стен Тенстрём; двое последних также внесли вклад в изучение голоса и речеобразования. Наибольший вклад в период 1960–1965 гг. был внесён Сундбергом (97) и Фантом (77).

Были установлены рабочие контакты с русской (С.-Петербург) и французской (Гренобль) группами через симпозиумы и частые визиты по научному обмену. Редактором STL-QPSR был Си Феличетти, который также сыграл важную роль в организации научных встреч в Швеции и за рубежом.

Менее значительный, ориентированный на фонетику проект, в который я был вовлечён, был начат Арне Ризберг. Это был фонетический структурированный пальцевый алфавит для глухих (Фант, 1972). Он был протестирован в японской школе для глухих.

Всегда было напряжение между криминалистикой и исследованиями речи. Существует кажущаяся, но обманчивая аналогия между отпечатками пальцев и образцами голоса, которая спровоцировала то, что спектрографический анализ стал надлежащим доказательством. Однако такие методы были опровергнуты большинством исследователей речи как поспешные и небезопасные. В 1970 г. Стокгольм посетил глава ФБР, который дал интервью в Дагенс Нихетер по использованию образцов голоса для выявления террористов. Газета обратилась ко мне за комментариями, которые были крайне негативными. На первой странице Дагенс Нихетер от 16 января был приведён обзор нашей дискуссии. Там было две фотографии, одна Эдгара Дж. Нувера, главы ФБР, а другая — Гуннара Фанта, предполагаемого возможного врага ФБР № 1.

Тесные связи между лингвистикой, фонетикой, технологией синтеза речи, звуковых исследованиях и музыкальной акустики и их важность для количества применяемых сфер, таких как средства для людей с дефектами, восстановление звука и речи, получили особенное развитие в Швеции. Признанием было финансирование посредством государственных грантов на исследование проекта под названием «Речь, звук и слух», которые спонсировали некоторые исследования и ежегодные встречи в 1983–1985 годах. Когда поддержка ТЛХ прекратилась, наши ежегодные шведские конференции по фонетике перешли в форумы для этих междисциплинарных встреч.

В последние годы основным получателем финансов на нашей кафедре стал Центр речевых коммуникаций (СТТ). Он продуктивно начал работу в значительной части исследований, спонсируемых шведской промышленностью. Основная деятельность — развитие интерактивных информационных систем взаимодействия человека с компьютером. Это включает работу по синтезу речи с дополнительным говорящим головным дисплеем, распознаванием речи и языковой инженерией.

Но как насчёт основного исследования? Оно всё-таки превалирует, но не так широко, как в более ранние периоды. С другой стороны, мы расширили контакты с кафедрами фонетики в Швеции, например, исследовании просодии и диалектов. Это привело меня ко второй части моего исследования.

### *Цели и направления исследования*

Можно зайти слишком далеко, если дать подробный обзор развития и состояние шведской фонетики. У меня будет возможность внести вклад в историческое исследование, планируемое Олле Энгстрандом. За эти годы совершён прогресс и достигнуто тесное сотрудничество с технологией синтеза речи. Наиболее значительная область — это просодия, которая по традиции имеет прочный фундамент в шведской фонетике и имеет значение для переработки текста в речь и в преподавании языка. Установлены сети сотрудничества, включающие КТХ, университеты Стокгольма, Лунда и Умеи.

За последние 50 лет исследования в фонетике распространились на широкий диапазон сфер, отражая различные интересы, предпосылки и методы подхода. Я возьму на себя смелость выразить личный взгляд на структуры и направления.



Одно из них — очевидное распространение фонетики во многие направления проблем, получивших узкое определение. С другой стороны, существует поиск универсальных принципов развития языка и объединяющих принципов в поведении человека, например, отношения речи и языка к другой человеческой деятельности.

Однако центральный объект исследования общей фонетики — цепочка речевых коммуникаций, многие стадии послания, зашифрованные говорящим, средства передачи и получающий послание партнёр. Это можно изучать в функциональных подробностях, например, относительно акустики голосового тракта, артикуляторных жестов и особенностей звуковой системы, включая трансформационные отношения между связями в прямом и обратном порядке, например, артикуляторную интерпретацию спектрограмм. Последняя техника имеет большое значение как дополнение непосредственного изучения артикуляторной динамики. Наше понимание мозговых функций говорящего и слушающего ограничено косвенными наблюдениями и функциональными аналогиями.

Все эти аспекты функции цепочки речи могут относиться к основной категории, называемой МЕХАНИЗМЫ, которая по большей части вопрос физиологии, физики и сенсорной психологии. Вторая основная категория представлена добавлением лингвистической функции и лингвистической компетенции. Это РЕЧЕВОЙ КОД, отношение между единицами послания и их реализацией в речевой цепочке, включая как дискретные лингвистические единицы как в фонологии, так и продолжительные, относящиеся к нашему социальному коду или выражающее отношения, денотации и эмоции (Фант, 1989).

Направление будущих исследований и основная цель общей фонетики — укрепить речевой код, т.е. предсказать артикуляторную, акустическую и перцепционную материализацию любого высказывания, данной расшифровки послания и определённого языка, диалекта, говорящего и ситуационного контекста. Можно воспринять эту задачу как очень продвинутый проект полученных правил для перевода текста в речь. Наши современные знания о речевом коде неполные, частично заперты в программах, преобразующих текст в речь. Нам нужно расширение анализа кода, такое как в ранних исследованиях Дениса Клатта для американского английского и Карлсона и Гренстрёма для шведского языка.

В последние годы были собраны огромные банки данных разговорного материала, например, для изучения шведских диалектов и диалектов, признанных независимыми. Они использовались в основном при обучении на компьютере, и мало использовались в акустико-фонетических исследованиях. Однако в поисках речевого кода нам нужен полный анализ всех акустических коррелятов, сегментальных и просодических, который устанавливает предел размеру информационного фонда. До сих пор большинство попыток такого рода были отрывочными, т.е. направлены только на какой-то аспект.

Независимо от цели проекта он может продолжаться с большим или меньшим акцентом на получаемые знания или инструменты, или на знания или новые инструменты, полученные в результате проекта. Это деление

на две части стали называть исследованием «на основе знаний» против исследования «на основе инструментов». Сейчас существует тенденция выбора алгоритма для выработки результатов из известных вводных параметров. Пример — графическое изображение уравнений геометрического места точек, которые первоначально представляют статистический интерес и отсутствие перцепционного значения. Проекты «на основе знаний», например, для многопараметровых исследований речевого кода, более востребованы.

Нам недостаёт знаний, но также нужно учесть существующее отставание в передаче знаний. Настоящие системы, особенно для распознавания речи, разработаны не для использования доступных знаний на просодических и сегментальных ограничениях. Сейчас вопрос в том, сможем ли мы эффективно орудовать всей новой изменяющейся информацией в рамках определённых правил, или нам придётся продолжать полагаться на компьютеры, чтобы изучить код для распознавания речи? Более того, останется ли составной синтез предпосылкой для высококачественных систем преобразования текста в речь, или можем ли мы ожидать, что примем артикуляторные ориентированные параметрические системы? Некоторые компромиссные решения уже появились. Более статистически релевантная информация может храниться в нейронных сетях, но нам не следует бросать попыток сохранить глубокое акустическо-фонетическое понимание. Мой прогноз на будущее — то, что разовьётся более твёрдый и цельный взгляд на структуру речи и языка, и что он также найдёт путь также в распознавании речи и работе по синтезу речи.

### Недавние дела

За последние 14 лет значительная часть моего времени была потрачена на изучение просодии (Фант, Норд и Крукенберг, 1986, Фант и Крукенберг, 1989, 1994, 1996, 1999а, 1999б, 2000А, 2000Б, Фант, Крукенберг и Лильенкранц, 2000). Также изучалось чтение поэзии (Фант, Крукенберг и Норд, 1991, Крукенберг и Фант, 1993). Другая основная область интересов — свойства источника голоса в контексте модели воспроизведения речи (Фант, 1993, 1995, 1997, Фант и Лин, 1988 Фант, Лильенкранц и Лиин, 1985).

Нововведение, повышающее понимание речевой цепочки, дополняет традиционный речевой анализ, показывает спектрограммы осилограм, интенсивность и F0 диаграммы с информацией по дыханию в условиях давления под и над голосовой щелью, и постоянно приводимых в соответствие масштабы параметров воспринимаемой отчётливости слогов и слов, названной P<sub>s</sub>, Фант, Хертегард, Крукенберг (1962), Фант и Крукенберг (1996). Фант и т. д.

Включение параметра отчётности (Фант и т. п.) имеет особое значение для связывания степеней ударения и для всех соответствующих физических параметров, включая особенности источника голоса.

Недавняя разработка в нашей группе — изучение интонации в чтении прозы. (Фант и др.) У нас есть информация по моделям F0 пяти субъектов чтения одной минуты речи, из которых мы вывели предварительные правила для прогнозов F0. В нашем подходе несколько нововведений. Одно лежит в системе для извлечения данных F0 с замечаниями из канонической системы Брюса, но с условными обозначениями, добавленными для выборки количественной информации. Вся F0 информация выражена в логарифмической шкале полутонов на 100Гц. Более того, данные



по индивидуальным субъектам нормализованы относительно их среднего уровня  $F_0$ , который минимизирует различия между мужчинами и женщинами.

Прогнозы моделей  $F_0$  местного ударения 1 и ударения 2 основаны на параметре отчётливости  $R_s$  и относительного положения в главном или второстепенном предложении. Каждая такая единица обычно характеризуется  $F_0$  началом, подъёмом, постепенным падением и окончательным понижением. Точка постепенного падения независима от общей длины группы. Как следствие, оценивая позиционные последовательности, нахождение слога выражается по относительной шкале от 0 до 1. После выявления моделей ударения принимается специальный список правил для сглаживания и синтаксической согласованности и распределённых эффектов фокальной отчётливости.

Размер  $F_0$  режима задания начальных условий на пограничном сигнале должна быть пропорциональна продолжительности паузы, которая, в свою очередь, зависит от последовательности синтаксических структур. Применяются специальные правила к реализации пограничного сигнала меньшей вероятности. Также включены правила для окончательного удлинения и направления дискретных шагов по продолжительности паузы (Фант и др.).

Наше намерение — проверить собранные нами знания о просодической актуализации не только в составном синтезе, который в наши дни доминирует, но также и в зашифрованном формантом синтезе, переработанные для того, чтобы включить правила более высокого уровня для артикуляторной продолженности и просодических модификаций сегментальных структур и характеристик источника голоса. Параметр отчётливости будет играть важную роль как для просодических, так и для сегментальных.

#### *Речевой код. Окончательные замечания*

Основным пунктом в моём взгляде в будущее стала попытка усилить речевой код. Для того, чтобы найти ключ к решению, недостаточно напряжения одной головы. Вопрос требует совместных многоуровневых исследований и интегрированного моделирования в течение долгого периода времени. Кажущееся отсутствие инвариантности, которое останавливало многих исследователей, перестало быть проблемой, если мы можем структурировать изменчивость как часть кода (Фант, 1985).

Сложности большие, но с течением времени исследование продвигается, увеличивая наше понимание. Человечество прогрессирует в составлении генетического кода. Нам нужно немного такого же терпения и настойчивости в составлении речевого кода. Наградой будет более солидная теоретическая база фонетики, а также новые методы в разработке технологии синтеза речи и улучшения качества работы.

## References

- Carlson.R. and Granstrom, B. 1975. A text-to-speech system based on a phonetically oriented programming language. *STL-QPSR I/1975*. 1–4.
- Carlson.R. and Granstrom.B. 1982. Towards an auditory spectrograph. In R. Carlson and Granstrom, B. (eds) *The representation of speech in the auditory system*. Elsevier Biomedical Press. Amsterdam, 109–115.
- Carlson.R. and Granstrom, B. 1991. Performance rules in a text-to-speech system. In J. Sundberg, L. Nord and Carlson.R. (eds) *Music Language, Speech and Brain*, MacMillan Press. 121–131.
- Carlson.R., Fant, G. and Granstrom.B. 1975. Two-formant models, pitch, and vowel perception. In G. Fant and Tatham M. (eds.). *Auditory Analysis and Perception of: Speech* London: Academic Press Inc, 55–82.
- Carlson.R., Granstrom.B. and Fant.G. 1970. Some studies concerning perception of isolated vowels *STL-QPSR2–3/1970*: 19–35.
- Fant, G. 1953. Speech communication research. *IVA, Royal Swedish Academy of Engineering Sciences*. Stockholm 24: 331–337
- Fant.G. 1957. Den akustiska fonetikens grunder. KTH, Inst. for Telegrafi-Telefoni, Rapport nr 7, Taitransmissionslaboratoriet (61 pages).
- Fant.G. 1958. Modern instruments and methods for acoustic studies of speech, *Acta Polytechnica Scandinavica, No 1*, 1–81.
- Fant.G. 1959. Acoustic analysis and synthesis of speech with applications to Swedish. *Ericsson Technics* [1959. 1–106.
- Fant, G. 1960. Acoustic theory of speech production. Mouton, the Hague. 2 nd ed., 1970 Fant.G. 1968. Analysis and synthesis of speech processes. In B. Malmberg (ed) *Manual of Phonetics, Chapt. 8*. 173–276 Amsterdam: North-Holland Publ. Co. Fant.G. 1969. *Kumpendium; i t-nirAeiior.g, del i*. KTH. inst for taloverforing 1967 Fant.G. 1973. *Speech Sounds and Features*. Cambridge, MA. USA The MIT Press. Fant.G. 1978. Vowel perceptioti and specification. *Rivista Italiana de Acustica* 11. 69–87.
- Fant.G. 1985. Features — fiction and fact". In J. Perkell et al. feds). *Invariance and Variability of Speech Processes*, Brain and Reading Lawrence Erlbaum Ass. Publ.
- Fant.G. 1989: The speech code. In C. von Euler. I. Lundberg and G. Lennerstrand G. (eds.) *Brain and Reading* MacMillan. London. 171–182. 1989.
- Fant.G. 1990: Manniskans rost och tal i Forskning i ettJord'nderligt samhdiie. Stifeisen Riksbankens Jubileumsfond 1965–1990. sid. 328–348. I engelsk version: Man's Voice and Speech, in Swedish *Research in a Changing Society, The Bank of Sweden Tercentenary Foundation 1965–1990*, 339–360.
- Fant.G. 1993 Some problems in voice source analysis. *Speech Communication* 13, 7–22
- Fant.G. 1995 The LF-model revisited Transformations and frequency-domain analysis. *STL-QPSR 2–3/1995*. 119–156.
- Faut.G. 1997 The voice source in connected speech. *Sfieech Communication 22*: 125–139. Faut.G. 1998 Half a century-with speech science. *STL-QPSR 3*. 1998. 1–3.
- Fant.G. Ilertegard.S. and kruckenberg.A. 1966. Foca] accent and subglottal pressure. *JMH-QPSR 2*. 1966. 29–32:-
- Faut.G. Si. Kruckenberg.A. 1989: Preliminaries to the study of Swedish prose reading and reading style. *STL-QPSR 2/1989*. pp. 1–83.
- Fant.G. and Kruckenberg A. Notes on stress and word accent in Swedish. *Proceedings of the International Symfjosium on Prosody, Sept IS 1994, Yokohama*. Also published in *STL-QPSR 2–3/1994*, 125–144.
- Fant, G. and Kruckenberg A. 1996a. On the quantal nature of speech timing. *Proceedings of the International Conference on Spoken Language Processing. ICSLP 1996*, 2044–2047.
- Faut.G. and Kruckeberg A. 1996b. Voice source properties of the speech code. *TMH-QPSR A 1966*. 45–56.
- Fant.G. and Kruckenberg.A. 1999a. F0-patterns in text reading. *Proc of Fonetlk–99, The Swedish Phonetics Conference*, Goteborg University. 53–56.



- Fant, G. and Kruckeberg, A.* 1999b. Syllable and word prominence in Swedish. *Proc of Fonetik-99, The Swedish Phonetics Conference*, Goteborg University. 57–60.
- Fant, G. and Kruckeberg, A.* 2000. F0 analysis and prediction in Swedish prose reading.. To be published in *Travaux du Cercle Linguistique de Copenhague*. (Editors Nina Gronnum and Jorgen Rischel)
- Fant, G., Kruckeberg, A. and Nord, L.* 1991. Stress patterns and rhythm in the reading of prose and poetry with analogies to music performance. In J. Sundberg, L. Nord and Carlson, R. (eds) *Music Language, Speech and Brain*, MacMillan Press, 380–407.
- Fant, G. and Lin, Q.* 1988. Frequency domain interpretation and derivation of glottal flow parameters. *STL-QPSR* 2–3/1988. 1–21.
- Fant, G. and Liudqvist-Gauffiu, J.* 1968. Pressure and gas mixture effects on divers speech. *STL-QPSR* 1.1968: 7–17.
- Fant, G. and Martony, J.* 1962. Instrumentation for parametric synthesis (OVE 11 synthesis strategy, and quantization of synthesis parameters. *STL-QPSR* 2/1962: 18–24.
- Fant, G. & Richter, M.* 1958. Some notes on the relative occurrence of letters, phonemes and words in Swedish. *Proc. of the VHIth Intl. Congress of Linguists*. Oslo 1958. 815–816.
- Fant, G., Liljencrants, J. and Liu, Q.* 1985: A four-parameter model of glottal flow. *STL-QPSR* 4/1985. 1–13.
- Fant, G., Nord, L. and Kruckeberg, A.* 1986. Individual Variations in Text Reading. A Data-Bank Pilot Study. *STL-QPSR* 4. №.61–17 and in *RUUL* 17. 1987. 104–114.
- Fant, G., Kruckeberg, A. and Nord, L.* 1991c. Stress patterns and rhythm in the reading of prose and poetry with analogies to music performance. In J. Sundberg, L. Nord, R. Carlson (eds) *Music, Language, Speech, and Brain*, Wenner-Gren International Symposium Series, Vol. 59, 1991.
- Fant, G., Kruckeberg, A. and Nord, L.* (1992b: Prediction of syllable duration, speech rate and tempo.. *Proceedings of the International Conference on Spoken Language Processing*. ICSLP 92. Banff. Vol 1 667–670.
- Fant, G., Kruckeberg, A. and Liljencrants, J.* 2000a. Acoustic-phonetic analysis of prominence in Swedish. Antonis Botinis (ed) *Intonation. Analysis, Modelling and Technology*, Kluwer. Academic Publishers, pp. 55–86
- Fant, G., Kruckeberg, A. and Liljencrants, J.* 2000b. The source-filter frame of prominence. *Phonetica*-57, pp. 113–127.
- Jakobson, R., Fant, G. and Halle, M.* 1952. Preliminaries to speech analysis. The distinctive features and their correlates. Acoustics Laboratory, Massachusetts Inst. of Technology, Technical Report No. 13. MIT press, seventh edition, 1967.
- Kruckeberg, A. and Fant, G.* 1993. Iambic versus trochaic patterns in poetry reading, *Nordic Prosody* VI. Stockholm, 1993. 123–135.