

Заключение

Представленный для обучения студентов ВУЗов и для переподготовки специалистов по цифровым технологиям Справочник-2 является в нашей стране уже вторым за последние 20 лет научно-методическим системным изданием, в котором кратко описаны обширные возможности современных методов помехоустойчивого кодирования на базе Оптимизационной Теории (ОТ) помехоустойчивого кодирования, развивающей методы МПД декодирования и различные версии АВ для систем связи и обработки данных самого широкого назначения.

В нём изложены новые специальные методы каскадирования, принципы дивергенции и прямого контроля метрики, а также другие парадигмы развития ОТ, способствующие повышению качества и снижению сложности декодирования. Декодеры МПД при минимальной теоретически возможной линейной от длины кодов сложности обеспечивают достоверность на уровне оптимального декодирования (ОД) используемых достаточно длинных кодов, что было ранее возможным сделать только методами полного перебора. Все эти возможности в случае применения алгоритмов МПД при умеренном числе итераций коррекции обеспечивают эффективное декодирование и вблизи границы Шеннона.

Наши блочные версии декодеров Витерби, на которые школа ОТ также уже получила патенты, тоже готовы к самому широкому применению в различных проектах при такой же сложности декодирования и достоверности, как и у оригинальных свёрточных АВ, а не с двойной экспонентой сложности, как всё ещё предлагают авторы других аналогичных декодеров, агрессивно настаивающие даже на обучении этим как бы «методам» студентов. У наших БАВ уже появились и элементы адаптации, что создаёт дополнительные условия для гибкой настройки этих крайне простых по замыслу и понятных по методам реализации оптимальных декодеров (ОД) для блочных кодов с минимально возможными длинами блоков.

Отметим ещё раз, что мы не анализировали успехи высокотехнологичных фирм, выпускающих аппаратуру помехоустойчивого кодирования. Они живут по другим очень строгим законам. Уверены, что наша позиция в этом вопросе единственно правильная.

Наш Справочник-2 выходит в свет в то время, когда уже полностью завершился в прикладном (!) аспекте переход лидерства от некогда главенствовавшей классической алгебраической теории с её смежными областями к Оптимизационной Теории (ОТ) помехоустойчивого кодирования. К сожалению, период этого перехода совершенно неоправданно затянулся на несколько десятилетий из-за причин, находящихся за пределами научных обстоятельств. Реальное теоретическое обоснование и формулировка всех ключевых достижений ОТ состоялась в 70-х ÷ 80-х годах того века и фактически была полностью завершена ещё в 1985 году.

Сложившаяся ситуация с развитием теории кодирования (ТК) и её прикладных задач в настоящее время такова, что за пределами научной школы ОТ за многие прошедшие десятилетия фактически не создано ни одного конкретного алгоритма коррекции ошибок, который бы допускал квалифицированную полную и доказуемую проверку его характеристик по естественному триединому критерию ПДС $\equiv$ «помехоустойчивость-достоверность-сложность». Такая проверка возможна путём рассмотрения, например, на общедоступных компьютерах работы программных вариантов новых декодеров или, что ещё более полезно, характеристик их аппаратных макетов.

Текущий абсолютно неприемлемый уровень разработок технологически доступных алгоритмов декодирования в ТК сейчас становится теперь совсем чрезвычайно проблемным. Уже не один десяток лет в качестве высших достижений и поводом для защиты диссертаций в нашей столь несчастливой отрасли теории информации можно без стеснения объявить оценки сложности кодов и алгоритмов какого-то странного стиля, реализуемых со сложностью, иногда превышающей по числу простейших операций количество атомов

во Вселенной. И это при том, что уже более 40 лет известны методы на базе теории ОТ с линейной сложностью при оптимальном декодировании используемых достаточно длинных кодов.

Но, более того, некоторые «изобретатели» до сих пор предлагают студентам изучать методы, которые до десятков тысяч раз сложнее аналогичных по целям применения всесторонне проверенных, опубликованных и запатентованных алгоритмов школы ОТ. Издаются книги и защищаются докторские диссертации по «быстрым» алгоритмам декодирования, которые таковыми в принципе не могут быть, да и не являются ими. Под присмотром вроде бы «ведущих организаций» науки переводятся и печатаются разные странные иноземные книги о кодах и алгоритмах более, чем тридцатилетней давности, переполненные пустыми нетехнологичными идеями. Ещё хуже дела на периферии, где защищаются «докторские диссертации» и уже появляются «остепенённые ученики», продвигающие методы ухудшения характеристик цифровых систем связи, после чего они вместе фантазируют на темы своих «новых успехов» в декодировании благодаря выполняемой ими предварительной рукотворной деградации канала. Надо ли говорить, что из-за отсутствия каких-либо результатов, но зато при наличии крупных провалов в прикладной ТК в главных «цитаделях науки» обеих столиц, вдали от них никаких результатов, кроме радостных заявлений о своих таких вот и других подобных «великих достижениях» даже для докторской защиты и не требуется.

Отсутствие у немалого числа авторов ссылок на работы школы ОТ, на её справочник, монографии под редакцией академиков РАН и многие сотни наших статей и обзоров привели к тому, что многим защищавшим уже в этом тысячелетии свои очень странные или просто непонятно какие сказочные алгоритмы в спецсоветах во вроде бы формально уважаемых организациях совсем неизвестно, что реальная сложность всех методов, созданных на базе теории ОТ алгоритмов МПД с декодированием на уровне достоверности оптимальных декодеров (ОД) даже теоретически минимальна, а именно линейна от длины кодов для всех типов каналов, рассматриваемых в ТК ещё с 1985 года. И это было опубликовано в те же годы же ещё во вполне нормальных условиях довольно неспешного и тогда развития советской науки. Об этом всем специалистам официально сообщалось и в первом справочнике [1], изданном два десятилетия назад под научной редакцией члена-корреспондента РАН Ю.Б. Зубарева, долгое время руководившего НИИ Радио, ведущим институтом Минсвязи, где успешно создали пять поколений МПД декодеров.

Почему эту ситуацию столь долго не замечают соответствующие структуры, управляющие научно-технической аттестацией, планированием и прогнозированием, нам неизвестно.

Невозможно предположить иные причины такого уже совершенно неприемлемого развития событий в важнейшей прикладной научной тематике, кроме той, что теории кодирования крайне не повезло, причём, не только в нашей стране. Но до сих пор никто не хочет признать, что прикладная теория кодирования никогда не была, а теперь уже и никогда не станет чисто математической задачей. Это общее свойство всех действительно крупномасштабных проблем, некоторые из которых вполне успешно решаются, например, методами теорий глобальной оптимизации, т. е. реализующими процедуры ПГЭФ. Мы полагаем, что данный Справочник-2 послужит делу принципиального исправления и избавления от всех опасных явлений в нашей ТК, этой исключительно актуальной сфере цифровых технологий, базирующихся на теории ОТ, в которых российская научная школа смогла обогнать весь мир, наверное, даже и не на одно десятилетие.

Выражаем нашу твердую уверенность, что важную роль в освоении теории ОТ, декодеров МПД, теории РО, алгоритмов БАВ и приложений теорий ПГЭФ, несомненно, окажет то уже большое количество уникальных программных платформ и демомакетов школы ОТ, которыми теперь могут воспользоваться все специалисты, изучающие новые алгоритмы кодирования с использованием современных технологий, полностью заново созданных нами. Все грандиозные ресурсы наших трёх огромных двуязычных сетевых

порталов, новых монографий и, как мы надеемся, данного Справочника-2 будут продолжать оказывать самое положительное системно-образовательное влияние на развитие прикладной теории ОТ и её технологий.

Абсолютное большинство наших литературных ссылок в Справочнике-2 сопровождается прямыми гиперссылками на наши публикации, что увеличивает доступность самой необходимой информации и важнейших методов ОТ в десятки раз. Все наши монографии также находятся на наших порталах в открытом доступе.

Нельзя не указать также на важнейшие для восстановления и обновления истинных путей развития теории и технологий кодирования наши публикации [6(с.243),10,11,20,21-25,28-30,43,61,62], которые должны положить конец многим способам беззастенчивой и шумной имитации научной деятельности. Сделать серьёзные выводы по всем аспектам исследований, разработок, обучения и аттестации в области теории кодирования совершенно необходимо и, как мы уверены, абсолютно неизбежно. Но вопрос о сроках восстановления хотя бы элементарного порядка в прикладной ТК остаётся пока открытым.

Будущее развитие прикладных методов теории кодирования, наверное, в первую очередь должно быть связано с дальнейшим уменьшением задержек декодирования и числа операций при одновременном сокращении расстояния до пропускной способности в рамках ОТ, а также с совершенно другими новыми принципиальными решениями, которые. может быть, ещё только будут найдены и улучшат характеристики алгоритмов всех типов практически во всём диапазоне допустимых кодовых скоростей. Этим, как мы уверены, займутся новые поколения исследователей.

Полезно отметить, что уже длительное время развивается ещё одно важное для техники связи направление кодирования, которое, разумеется, является полезным само по себе, но особенно интенсивно исследуется и, можно сказать, как бы даже усиленно эксплуатируется отдельными научными группами просто из-за полного отсутствия результатов в решении главной проблемы К. Шеннона, описанию различных технологичных решений которой и посвящён данный справочник. Мы имеем в виду задачу оптимального декодирования коротких блоковых кодов, для решения которой до сих пор привлекаются крайне странные исключительно древние и очень неудобные в реализации конструкции с алгоритмами Чейза и многих других уже забытых авторов. В связи с полным отсутствием каких-либо результатов по главной проблеме Шеннона на, так сказать (не получается иначе!), базе полярных кодов у наших авторов, не касаясь аналогичных проблем в публикациях зарубежья (не до них!), можно указать на то, что и в области коротких задержек российские публикации по «полярам» тоже вообще ничего содержательного и доказанного не продемонстрировали. Прекрасным подтверждением отсутствия у них каких-либо результатов оказываются сразу появившиеся у них списочные методы, на которые мы давно указываем как на полностью разрушающие традиционные постановки задачи декодирования в прикладной ТК, а также неявно применяемые ими методы каскадирования, которые улучшают, как и везде, достоверность их алгоритмов, но достигаемый прогресс в результатах в подобных случаях неправомерно относят на счёт самих полярных кодов. И, самое главное, у этих авторов нигде совершенно ничего не говорится о грандиозной сложности таких исключительно умозрительных и к тому же абсолютно никак не предъявленных и не проверенных нигде «методов». Работающие модели ни разу не были опубликованы, чему уже не раз удивлялись участники немногих теперь конференций по теории кодирования.

А теперь подчеркнём то, что и эта ценная самостоятельная экологическая и технологическая ниша тоже уже занята, причём пока только алгоритмами ОТ. В самом деле, огромное число примеров макетов МПД алгоритмов для блоковых кодов на программных платформах, представленных в Справочнике-2, показывает, что эти декодеры в соответствии с теоремой ОТМПД при минимальном числе операций сходятся к решениям ОД. По этому вопросу можно даже опять обратиться к цветному мультфильму в самом начале справочника, который всё это красочно и в очень удобном виде демонстрирует при

весьма высоких уровнях шума на довольно коротком блоковом коде при минимуме простейших операций. О том же свидетельствуют все демопрограммы [20] и собственно материалы Справочника-2.

Но более того, теперь уже есть вообще идеальный во всех смыслах наш запатентованный блоковый АВ (БАВ) с широко представленными в наших новых монографиях, статьях и обзорах характеристиками при весьма умеренном числе простейших операций над небольшими целыми числами. В макетах его программных реализаций указаны и скорости декодирования, чем БАВ помогает декодерам МПД полностью успешно закрыть уже и эту очень ценную технологическую нишу. Но все возможности гибкой настройки параметров БАВ ещё только начинают развиваться. Так что эти базовые методы ОТ ни в коем случае не допустят никакой реальной конкуренции с собой со стороны методов за пределами теории ОТ. На Ренессанс в использовании БАВ указывалось и во вводной статье научного редактора нашего Справочника-2.

Разумеется, если помимо технологий ОТ появятся и другие реальные методы с оптимальными характеристиками достоверности и с чрезвычайно малым числом операций, то это будет тоже крайне ценно. Школа ОТ обязательно поможет продвижению теории и результатов таких новых коллег-конкурентов, с которыми можно будет развивать и другие направления в прикладной ТК. Правда, мы из своих чисто системно-философских убеждений предполагаем, что наши методы будут в определённом смысле идеологически близки. А это тем более будет содействовать нашему всестороннему успешному сотрудничеству.

* * * * *

Хотелось бы надеяться, что настоящий Справочник-2 поможет специалистам, создающим аппаратуру и программное обеспечение для систем и сетей связи, выбирать наиболее соответствующие их потребностям алгоритмы декодирования для будущих высококачественных, быстрых и надежных систем телекоммуникаций и информатики. В этом случае автор этого справочника, его многочисленные помощники и сторонники научной школы ОТ будут считать, что свою задачу ускорения продвижения самых современных идей теории ОТ и достижений технологий кодирования в системы цифровой связи, в которых отечественные специалисты далеко опередили весь остальной мир, они выполнили.