

О новом формате прикладной теории кодирования

Проблема более простого обеспечения высокой достоверности передачи, обработки, хранения и восстановления цифровых данных становится всё актуальней во всем мире. Однако до последнего времени казалось, что до успешного решения задачи создания простых и высокоэффективных даже вблизи границы Шеннона декодеров разных типов, что и является главной прикладной целью теории кодирования, ещё очень далеко. В самом деле, для этого нужно было найти методы декодирования в четырёх традиционных в классической теории каналах: в двоичном симметричном, недвоичном, гауссовском и стирающем каналах, для реализации которых ранее нередко привлекались различные и нередко довольно тяжеловесные, а также далеко не самые эффективные идеи. Но все они в итоге оказывались очень трудоемкими и далёкими от того возможного уровня эффективности, оценки которого давала теория.

На фоне этого длительного кризиса совсем иначе смотрелись все эти десятилетия работы нашей научной школы Оптимизационной Теории (ОТ) помехоустойчивого кодирования, которую около полувека назад начал развивать профессор ИКИ РАН Валерий Владимирович Золотарёв. Впервые в мире поставив задачу итеративного постепенного приближения к наилучшему оптимальному по вероятности ошибки решению, он и активные последователи нашей школы начали почти сразу получать очень высокие характеристики разрабатываемых алгоритмов по достоверности при крайне простых схемах их реализации, что было очень естественно, так как основой новых алгоритмов, названных нами многопороговыми декодерами (МПД), стали простейшие давно известные пороговые декодеры Джеймса Мессе. А вот высокая достоверность МПД декодеров, практически совпадающая с оптимальным декодированием (ОД), что раньше обеспечивали лишь методы полного перебора, например алгоритм Витерби (АВ), — эти свойства для всё более высоких уровней шума наши декодеры в течение многих десятилетий приобретали медленно по мере развития ОТ вместе с очень разветвлённым и масштабным программным обеспечением (ПО). Очень помог быстрому улучшению характеристик наших алгоритмов рост производительности доступных нам вычислительных средств, а также непрерывно развиваемое нами оптимизационное ПО. Эта особенность исследований в нашей научной школе является важнейшей для прогресса самой теории ОТ и для получения новых результатов в области проектирования и анализа свойств алгоритмов

декодирования, а также для улучшения их характеристик.

Именно при такой абсолютно нетипичной для прежней теории, но очень плодотворной постановке проблемы простой высокодостоверной передачи цифровых данных по каналам с шумом В.В. Золотарёв при участии ряда энтузиастов школы издал уже много монографий по ОТ, в которых описаны решения множества крайне сложных задач, которые обеспечили достижение алгоритмами ОТ ближайших окрестностей границы Шеннона при минимальной сложности и практически наилучшей достоверности.

Предлагаемая специалистам новая монография профессора В.В. Золотарёва излагает теорию ОТ и её самые новые прикладные достижения в сфере разработки и создания алгоритмов декодирования, обеспечивающих в случае применения МПД декодеров практически оптимальное декодирование с минимально возможной от длины кодов сложностью реализации. А при использовании блоковых модификаций АВ, как следует из представленных данных, уже достижимы и все наилучшие параметры декодирования для коротких кодов, которые теперь не доступны никаким другим алгоритмам. Это определяется тем, что только все МПД декодеры и АВ во всех своих модификациях измеряют расстояния своих решений до принятого сообщения. Опыт наших исследований свидетельствует о том, что никакие алгоритмы, лишённые таких исключительно полезных свойств, не имеют никаких перспектив достичь границы Шеннона при разумной сложности их реализации.

Таким образом, утверждение абсолютного лидерства ОТ и теперь уже окончательный «уход» с реального поля науки прежней теории произошло из-за того, что по единому критерию «помехоустойчивость — достоверность — сложность» та теория не смогла за всё время своего бытия найти аналитические выражения для каждого из этих параметров критерия в условиях большого шума канала хотя бы для одного из своих алгоритмов, претендовавших на высокие характеристики помехоустойчивости. Но развивать одновременно и теорию, и экспериментальную базу адепты прежней эры просто не смогли.

А это значит, что теория кодирования в прикладном своём аспекте действительно оказалась вовсе не математической задачей. Давно осознав это, школа ОТ полностью решила проблему Шеннона для всех традиционных каналов как задачу глобальной оптимизации функционалов сложной природы в цифровых пространствах, оставшись при этом исключительно в рамках очень понятных мажоритарных алгоритмов и алгоритма Витерби. Других сопоставимых с ОТ методов за её пределами сейчас нет. Да и ожидать их появления трудно. Все характеристики алгоритмов ОТ по единому критерию сейчас

являются наилучшими и мгновенно определяются при моделировании средствами нашего инновационного оптимизационного ПО, что ещё более ускоряет развитие ОТ и помогает быстро указывать ей новые точки роста.

Полезно отметить исключительную компактность ОТ и её полноту. Технологии ОТ отлично работают и уже продемонстрировали высокие результаты примерно для ста различных кластеров параметров кодирования. Одна из ведущих ролей в текущем быстром прогрессе ОТ несомненно принадлежит автору этой монографии профессору В.В. Золотарёву, в которой изложены новейшие данные по фундаментальным научным и прикладным разработкам созданной им теории.

Сторонники научной школы ОТ полагают, что успешная теоретическая и экспериментальная работа всех специалистов, заинтересованных в дальнейшем развитии прикладных методов кодирования, в том числе в направлениях, указанных в последних главах этой монографии, позволит и далее очень быстро продвигать технику помехоустойчивого кодирования на всё более высокие уровни технологий. Именно это и нужно от передовой теории, ставшей «квантовой механикой» современной теории информации, цифровому информационному сообществу нового тысячелетия.

Заведующий кафедрой
вычислительной и прикладной математики
ФГБОУ ВО «Рязанский государственный
радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина»,
доцент, доктор технических наук,
председатель научно-методического совета РГРТУ



Г.В. Овечкин