

## О Т З Ы В

официального оппонента доктора физико-математических наук Вьюгина Владимира Вячеславовича на диссертацию Татарчука Александра Игоревича «Байесовские методы опорных векторов для обучения распознаванию образов с управляемой селективностью отбора признаков», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.17 — «Теоретические основы информатики».

Диссертационная работа Татарчука А. И. относится к теории машинного обучения. В ней рассматриваются вопросы, связанные с распознаванием образов, в частности, использование разделяющих гиперплоскостей для бинарной классификации объектов. Классический метод в этой области — это предложенный Вапником и Червоненкисом метод опорных векторов. Рассматривается обучающая выборка, состоящая из объектов — векторов в евклидовом пространстве, каждый такой объект снабжен бинарной меткой, выражающей принадлежность к соответствующему классу. Метод опорных векторов представляет собой алгоритм, который, используя метод выпуклой оптимизации, строит гиперплоскость наилучшим образом разделяющую обучающую выборку. Для того, чтобы избежать переобучения используются различные методы регуляризации. Заметим, что данный алгоритм не использует никаких предположений о природе источника генерирующего объекты и их метки и по сути является эвристическим. Далее, статистическая теория обобщения, основная идея которой была предложена в работах Вапника и Червоненкиса, предлагает методы оценки обобщающей способности предложенного алгоритма. В рамках этой теории предполагается, что данные независимо и одинаково распределены относительно неизвестного нам распределения вероятностей. В терминах этого распределения получаются верхние оценки ошибки обобщающей способности алгоритмов.

Работа Татарчука основана на иных принципах, а именно, в ней предлагаются конкретные вероятностные модели, обосновывающие различные алгоритмы классификации. Варьируя эти модели, с помощью метода максимума правдоподобия, можно получать известные методы классификации. Предполагается, что существует некоторая случайная гиперплоскость (соответствующее распределение вероятностей на ее параметрах) наилучшим образом разделяющая обучающую выборку. Цель подхода — восстановить эту гиперплоскость по обучающей выборке используя метод Байеса. В частности, автор предлагает оригинальную постановку задачи регуляризованной минимизации эмпирического риска, основанную на специальной функции потерь и приводящую к классическому методу опорных векторов. Предложенная интерпретация метода опорных векторов позволяет глубже понять природу этого метода и раскрывает его родство с другими методами обучения распознаванию образов, такими как, например,

логистическая регрессия, основанными на несколько отличных функциях потерь.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, приложения, списка литературы. Во введении описывается актуальность и научная новизна работы, проблемные ситуации и подходы их решения.

В первой главе диссертации сформулирована идея селективного обучения, опирающаяся на тот факт, что существуют три основных механизма, теоретически объясняющих хорошую обобщающую способность методов распознавания образов, основанных на понятии оптимальной разделяющей гиперплоскости. Одним из таких механизмов является обучение в признаковом пространстве небольшой размерности. Этот механизм является новым направлением для развития метода.

Во второй главе, А.И. Татарчук предлагает новую вероятностную постановку задачи обучения двухклассовому распознаванию образов, которая приводит к вероятностной интерпретации классического метода опорных векторов, его существующих модификаций и является методологической основой для разработки новых методов селективного обучения.

Принцип обучения по конечной обучающей выборки, понимаемый в работе как задача максимизации апостериорной плотности параметров гиперплоскости, приводит к разным критериями в зависимости от принятых предположений относительно параметрических семейств условных плотностей распределения векторов наблюдений соответствующих классов и априорной плотности неизвестных случайных параметров этих распределений. В работе предложен специальный класс параметрических несобственных условных плотностей распределения, который приводит к обобщенному критерию обучения метода опорных векторов. Как частные случаи получены критерии для Lasso SVM и Elastic Net SVM, также новые типы критериев для машин типа SVM.

В третьей главе, в рамках предложенного автором вероятностного обобщения метода опорных векторов вводятся две специальных вероятностных модели порождения неизвестных параметров гиперплоскости, которые приводят к двум новым селективным модификациям метода опорных векторов.

Первая априорная модель приводит к новому методу отбора релевантных признаков, который является представителем непрерывных методов отбора признаков, т.е. методов, сохраняющих все признаки объектов, снабжая их разными по величине положительными весами. Вторая априорная модель приводит к другому новому методу отбора опорных признаков, который является представителем дискретных методов, выделяя строгое подмножество признаков, которые участвуют в итоговом решении о классе нового объекта.

Следует отметить важную особенность предложенных в работе априорных моделей, которая заключается в специальной параметризации через неотрицательный параметр,



названный автором параметром «селективности» и отвечающий за интенсивность способность соответствующего метода обучения исключать из итогового решения признаки. Увеличение значения параметра приводит к уменьшению решение признаков, что представляет собой удобный механизм управлению степенью регуляризации.

Для невыпуклого критерия обучения первой априорной модели автор разработал итерационный алгоритм обучения, сводящийся к поочередной оптимизации исходного критерия по двум группам переменных. Алгоритм прост в реализации и может быть реализован с помощью стандартных пакетов выпуклого программирования и пакетов анализа данных, содержащих классический метод опорных векторов.

Для выпуклого неквадратичного критерия обучения второй априорной модели автор вывел эквивалентную двойственную задачу выпуклой оптимизации, используя математический аппарат субградиентов, и, кроме того, свел ее к эквивалентной задаче максимизации линейной функции при квадратичных ограничениях типа неравенств.

В четвертой главе проведено комплексное экспериментальное исследование предложенных автором двух методов обучения в сравнении с классическим методом опорных векторов и его существующими модификациями. Полученные соискателем экспериментальные результаты наглядно показывают полезность предложенных в работе идей и методов.

Имеются некоторые замечания. На с.22 (раздел 1.1.3) приведены ссылки на возможные способы обоснования метода опорных векторов. Можно добавить еще один — критерий этого метода входит в верхние оценки ошибки обобщения, получаемые в теории так называемой fat-размерности. На с.24 утверждается, что при достаточно большой размерности выборка фиксированного размера может быть полностью разделена гиперплоскостью. Это утверждение неясно сформулировано и не обосновано (нет ссылки на точное утверждение). На с.39 в основной формуле символ "бета" не объяснен, по-видимому, это нормирующий множитель. Все эти замечания не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы.

Диссертационная работа А.И. Татарчука содержит совокупность новых научных результатов, выдвинутых на публичную защиту, обладает внутренним единством и свидетельствует о способности автора к самостоятельной научной работе. Личный вклад автора не вызывает сомнений. Все предложенные решения аргументированы и критически оценены по сравнению с другими известными решениями. Основные научные результаты своевременно и полно опубликованы, в том числе и в изданиях, рекомендованных ВАК РФ. Автореферат правильно отражает содержание диссертационной работы. На основании приведенного выше можно сказать, что диссертационная работа Татарчука Александра Игоревича является завершённой научно-квалификационной работой, содержащей решение актуальной задачи в области

машинного обучения. Диссертационная работа Татарчука Александра Игоревича удовлетворяет всем критериям ВАК в соответствии с «Положением о порядке присуждения учёных степеней», утверждённого Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842, по специальности 05.13.17 – «Теоретические основы информатики». Автор заслуживает присвоения ему учёной степени кандидата физико-математических наук по этой специальности.

Официальный оппонент,

д.ф.м.н., профессор

Вьюгин В.В.

30 мая 2014 г.

