

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента на диссертационную работу **Уварова Вадима Евгеньевича** «Разработка и исследование методов распознавания последовательностей, описываемых скрытыми марковскими моделями, при неполных данных», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.17 – «Теоретические основы информатики»

### **Актуальность диссертационного исследования**

Диссертационное исследование Уварова В. Е. посвящено актуальной проблеме обработки неполных данных, т.е. данных с пропусками или данных, корректность которых вызывает сомнения. Необходимость анализа данных такого типа возникает при решении многих технических и естественнонаучных задач. Так, например, при решении ряда задач статистической метеорологии требуется использовать стохастические модели метеорологических процессов, параметры которых определяются по данным многолетних наблюдений на метеорологических станциях и постах. При этом, в данных достаточно много пропусков и недостоверных данных, обусловленных как человеческим фактором (измерения не были вовремя проведены, или результаты не были внесены в базу данных, или были допущены ошибки при вводе данных), так и технической неисправностью измерительного оборудования.

Уваров Вадим Евгеньевич в своей диссертации детально изучает подход к работе с такими данными, основанный на применении скрытых марковских моделей (СММ). Следует отметить, что использование СММ в настоящее время является одним из наиболее часто и эффективно используемым подходом при решении задач обработки последовательностей, порождённых случайными процессами. Возможности применения СММ достаточно детально исследованы в том случае, когда анализируются полные и

корректные данные. В то же время, теория СММ не полна в отношении использования моделей для описания последовательностей с пропусками. Существующие наработки в этой области ограничены специфической предметной областью, а также не обоснованы теоретически. Восполнению этой неполноты и посвящена диссертационная работа, в которой на основе идеи маргинализации пропусков предлагаются методы решения классических задач теории СММ в условиях неполноты данных.

По мнению оппонента, тема диссертационной работы Уварова В.Е. является актуальной и имеющей важное значение для решения широкого класса как теоретических, так и практических задач.

### **Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций**

При подготовке диссертации Уваров В.Е. детально ознакомился с современным состоянием теории скрытых марковских моделей, как в отношении их применения в различных предметных областях, так и в области анализа неполных данных. Подробный обзор работ, посвященных применению СММ, приведен в параграфе 1.1 диссертационной работы. В своих исследованиях Уваров В.Е. опирается и на ставшие уже «классическими» результаты теории СММ, опубликованные в 60-70-ые годы XX века, и на новейшие разработки, появившиеся в последнее десятилетие.

Считаю необходимыми отметить, что автором были предложены оригинальные подходы к решению задач анализа неполных последовательностей, описываемых СММ. Предложенные идеи были теоретически обоснованы с грамотным использованием результатов теории вероятности, математической статистики, математического анализа, теоретической информатики. Так, например, Уваров В.Е. предложил и теоретически обосновал применение идеи маргинализации пропущенных последовательностей для нивелирования пропусков в последовательностях.



На защиту автор диссертации выносит (стр. 10-11 диссертации) четыре научных положения (метода), достаточно полно раскрытых в главах 2–5. В опубликованных автором статьях и в диссертационной работе показано, что разработанные методы принципиально эффективнее ранее существовавших методов решения основных задач теории СММ в случае неполных данных. Эффективность и корректность предложенных подходов подтверждена результатами вычислительных экспериментов, соответствием полученных решений практических задач результатам, ранее опубликованным другими авторами.

В целом, диссертационное исследование проведено по принципам научной методологии с применением системного подхода, что обеспечивает необходимую достоверность теоретических положений, выводов, результатов и практических предложений, содержащихся в диссертационном исследовании.

### **Научная значимость результатов, полученных соискателем, и степень их научной новизны**

Научный и практический интерес представляют разработка, теоретическое и экспериментальное обоснование новых методов применения скрытых марковских моделей для анализа неполных последовательностей, а также декодирования, восстановления и распознавания таких последовательностей. Данные методы основаны на выдвинутой автором идее маргинализации пропущенных наблюдений, учитывающей вероятностную природу данных.

К значимым научным результатам можно также отнести установление зависимости эффективности анализа неполных последовательностей, описываемых СММ, от количества пропусков в последовательностях. Данная зависимость установлена автором экспериментально для различных методов анализа неполных последовательностей – как ранее известных, так и новых, представленных в работе.

## **Практическая значимость диссертационного исследования**

Работа имеет высокое практическое значение для различных прикладных задач, предполагающих анализ последовательностей данных, порождённых случайным процессом.

В диссертационной работе Уварова В. Е., на основании проведенных им теоретических исследований, разработан ряд методик по анализу неполных данных двигательной активности. Они включают в себя восстановление неполных фрагментов показаний акселерометра, в также распознавание личности по данным его двигательной активности с пропусками.

Также автором разработана методика определения наиболее вероятного маршрута абонента на транспортном графе по произведённым его мобильным устройством «событиям» в сотовой сети. Данная методика успешно внедрена оператором Tele2, о чём свидетельствует акт о внедрении результатов диссертационной работы.

## **Замечания по диссертационной работе**

1. В параграфах 2.5.1, 2.5.2, 3.4.3, 3.4.2, 4.4.1, 4.4.2, 5.3 приведены результаты численных экспериментов, иллюстрирующие эффективность предложенных алгоритмов. Для каждого алгоритма приведены результаты экспериментов, проведенных с одним набором параметров. На мой взгляд, следовало бы

- более детально описать зависимость эффективности каждого алгоритма от параметров процесса;

- привести не только те примеры, где предложенные алгоритмы наиболее эффективны, но и примеры, где эффективность алгоритмов наименьшая.

2. В диссертации рассмотрены скрытые марковские модели, в которых распределение очередного состояния зависит только от одного предыдущего состояния. По моему мнению, следовало бы кратко описать возможность

обобщения построенных алгоритмов для случая марковских моделей более высокого порядка.

3. В диссертационной работе присутствует незначительное количество опечаток (например, с. 52, стр. 12; с. 102, стр. 9).

Сделанные замечания не снижают общей положительной оценки диссертации.

### **Соответствие диссертационной работы критериям, установленным ВАК РФ**

Отмеченные недостатки не являются принципиальными и не снижают в целом научного значения выполненного диссертационного исследования.

Представленные в диссертационном исследовании научные положения соответствуют паспорту научной специальности 05.13.17 – «Теоретические основы информатики», пункт 5.

Диссертационное исследование Уварова В. Е. является законченной научно–квалификационной работой, выполненной автором самостоятельно на высоком научном уровне.

Разработанные в диссертации методы и методики, а также обоснование их эффективности в результате экспериментальных исследований, можно квалифицировать как решение научной задачи, имеющей значение для развития теории скрытых марковских моделей.

Автореферат и публикации автора в полной мере отражают ее наиболее существенные положения, выводы и рекомендации. Стиль изложения четкий, ясный и логичный, диссертация оформлена в соответствии с требованиями ВАК. Работа обладает внутренней целостностью, выраженной в последовательном изложении защищаемых научных положений. Автореферат соответствует содержанию диссертации.



## Заключение по диссертационной работе

Диссертация Уварова Вадима Евгеньевича по своему теоретическому уровню, научной новизне и практическому значению, сложности решаемых задач и совокупности полученных научных результатов, свидетельствующих о личном вкладе автора, соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор – Уваров Вадим Евгеньевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.17 – Теоретические основы информатики.

к.ф.-м.н., научный сотрудник лаборатории стохастических задач,  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт вычислительной математики и математической  
геофизики Сибирского отделения Российской академии наук,  
630090, г. Новосибирск, проспект Академика Лаврентьева, 6.  
Тел.: +7 (383) 330-83-53. Эл. почта: nkargapolova@gmail.com.

Каргаполова Нина Александровна

Подпись Кар

Заведующая отделом кадров ИВМиМГ СО РАН

*Каргаполова Н.А.*

*Отзыв получен  
в совет 5.02.2020*

*С отзывом ознакомлен  
06.02.2020 Уваров*