ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Коноводова Владимира Александровича «Методы синтеза и оценки сложности схем с некоторыми структурными ограничениями», представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.01.09 — дискретная математика и математическая кибернетика

Теория синтеза управляющих систем является важным разделом математической кибернетики. В рамках данной теории управляющая система описывается посредством графа опредённого вида (схемы). Функционирование схемы определяется через систему булевых функций или, в общем случае, функций многозначной логики. При этом говорится, что система функций реализуется схемой. Основная задача синтеза состоит в построении схемы, принадлежащей заданному классу, имеющей предопределённое функционирование и являющейся оптимальной с точки зрения некоторого функционала сложности (количество элементов, задержка, площадь). В теории массового синтеза вводится понятие функции Шеннона от натурального аргумента n, которая равна сложности самой «трудной» функции от n переменных. Далее изучается поведение функции Шеннона при растущих значениях n.

Первые результаты из области массового синтеза схем относятся к 50-м годам XX века. Они связаны с работами К. Шеннона, Д. Мюллера и О. Б. Лупанова. В тот же период О. Б. Лупановым была установлена асимптотика функций Шеннона для основных классов схем (класс схем из функциональных элементов, класс формул и класс контактных схем). В работах С. А. Ложкина (90-е годы XX века) были предложены новые универсальные методы синтеза, связанные с получением так называемых оценок высокой степени точности функции Шеннона.

В диссертации В. А. Коноводова исследуются некоторые модели схем и формул со структурными ограничениями, имеющими определённую физическую интерпретацию. Автор устанавливает асимптотические оценки соответствующих функций Шеннона. В ряде случаев получены оценки высокой степени точности. Таким образом, тема диссертации представляется весьма актуальной.

Перейду к краткому описанию содержания диссертации. Работа состоит из введения, двух глав, заключения и списка литературы.

Во введении обосновывается актуальность темы диссертации, даётся краткий обзор публикаций по теме синтеза схем с ограничениями на структуру, формулируются основные результаты диссертации.

Первая глава посвящена формулам в базисе $\{\&, \vee, \neg\}$, допускающим ограниченное число изменений типов элементов на путях от входов формулы к её выходу (формулы с ограниченной глубиной альтернирования). Известно (О. Б. Лупанов, 1961 г.), что функция Шеннона для формул с ограничением a на глубину альтернирования при $a \geqslant 3$ асимптотически ведёт себя так же, как в случае формул без ограничений. В диссертации для этой функции Шеннона установлены оценки высокой степени точности (теорема 1). Для получения верхней оценки используется техника С. А. Ложкина, основанная на селекторных разбиениях переменных, регулярных разбиениях булева куба и универсальных множествах функций. С целью доказательства нижней оценки В. А. Коноводов достаточно аккуратно оценил число формул с ограниченной глубиной альтернирования и воспользовался известным «мощностным» неравенством.

Схожая методика доказательства применяется для случая синтеза булевых функций из классов, связанных с конечными грамматиками. Рассматривается реализация функций формулами с глубиной альтернирования не более 3. В теореме 2 для соответствующей функции Шеннона получены оценки высокой степени точности.

Во второй главе диссертации рассматриваются формулы в базисе с прямыми и итеративными входами. В этой модели формул операция суперпозиции допускается только по итеративным переменным. В 1999 году С. А. Ложкин предложил классификацию базисов с прямыми и итеративными входами, а также описал критерий полноты базиса. Для этих целей был введён специальный оператор итеративного замыкания. Что же касается функции Шеннона для этой модели формул, С. А. Ложкиным было установлено, что она имеет порядок роста не более, чем 2^n, и не менее, чем $2^n/\log n$, где n — число переменных реализуемых функций.

В теореме 5 диссертации получена более наглядная форма представления оператора итеративного замыкания $\delta(A)$ базиса A. Далее В. А. Коноводов исследует, как ведёт себя функция Шеннона для сложности формул в базисе A в зависимости от того, с каким из замкнутых классов совпадает итеративное замыкание A. В частности, установлено, что функция Шеннона имеет асимптотику $\rho_A 2^n/\log n$, где ρ_A — константа, зависящая от базиса A, если $\delta(A)$ совпадает с классом монотонных функций от итеративных переменных или совпадает с классом всех функций от итеративных переменных. В остальных случаях предъявлены примеры базисов, где функция Шеннона имеет порядок роста 2^n.

Из результатов второй главы также вытекает тот факт, что если оставаться в рамках одного и того же семейства базисов, то сложность некоторых функций может кардинально меняться при переходе от одного базиса к другому. Например, в теоремах 6 и 7 описаны базисы, в одном из которых порядок сложности линейной функции от n переменных составляет 2^n, а в другом — $2^{n/2}$.

Во второй главе имеется ряд результатов на тему оценок высокой степени точности функции Шеннона (теоремы 8 и 9). Оценки получены для некоторых базисов, итеративное замыкание которых содержит все монотонные функции от итеративных переменных или совпадает с классом всех функций от итеративных переменных.

Следует отметить, что результаты диссертации являются новыми и интересными. Все сформулированные утверждения строго доказаны, причём доказательства основных результатов весьма нетривиальны. Известные факты, использующиеся в работе, снабжены соответствующими ссылками. С помощью оригинальных методов синтеза в работе получены новые, более точные оценки функции Шеннона для формул с ограниченной глубиной альтернирования, а также для формул в базисах с прямыми и итеративными входами. Диссертационное исследование В. А. Коноводова вносит существенный вклад в теорию синтеза управляющих систем.

По работе имеется ряд замечаний.

- Одно и то же буквенное обозначение может использоваться в диссертации для объектов разной природы. Например, во второй главе в зависимости от контекста δ может обозначать как один из замкнутых классов функций от итеративных переменных, так и элемент регулярного разбиения булева куба.

- Обозначение $R(\delta)$, где δ – замкнутый класс функций с прямыми и итеративными входами, вводится в рамках доказательства теоремы 5 раздела 2.1. Однако то же обозначение используется далее по тексту раздела 2.1, например, на стр. 63. В следующем разделе $R(\mathcal{F})$ уже обозначает ранг формулы $\mathcal{F}$.

- В начале формулировки леммы 27 обозначение D используется для замкнутого класса функций, содержащего все дизъюнкции от итеративных переменных, а в конце формулировки — для селекторного разбиения переменных.

- Прежде чем оперировать с разбиением куба на регулярные компоненты (стр. 31) желательно упомянуть утверждение о том, что такое разбиение существует.

- Нижняя оценка функции Шеннона для сложности булевых функций, связанных с конечными грамматиками, приводится для случая формул с глубиной альтернирования не более a, где $a = 3$. Однако та же оценка справедлива для любого натурального $a > 3$.

- Встречаются в работе и опечатки. Например, в конце доказательства леммы 24 (стр. 81) в соотношении $\mathcal{L}(\mathcal{F}_f) \sim \rho_A 2^n/\log n$ вместо $\sim$ должно быть $\lesssim$. На стр. 65 и 66 вместо B^{2^k-1} должно быть B^{2^k}.

Указанные замечания не являются принципиальными и не снижают значимость работы.

Диссертация полностью соответствует паспорту специальности 01.01.09 — дискретная математика и математическая кибернетика. Основные результаты диссертации опубликованы. Пять статей автора вышли из печати в изданиях, рекомендованных ВАК. Автореферат правильно и полно отражает содержание диссертации.

Считаю, что диссертация «Методы синтеза и оценки сложности схем с некоторыми структурными ограничениями» удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук, а её автор, Владимир Александрович Коноводов, заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.01.09 — дискретная математика и математическая кибернетика.

Официальный оппонент
кандидат физико-математических наук
ведущий инженер по разработке программного
обеспечения в филиале компании «Ментор Графикс
Девелопмент Сервисез Лимитед» (Ирландия) А. Е. Шиганов

119049, г. Москва, ул. Шаболовка, д.10
тел.: +7-906-755-12-30
e-mail: alexander.shiganov@gmail.com

Подпись А. Е. Шиганова заверяю

Мищенко Светлана Валерьевна,
Менеджер Российского отделения Отдела кадров

3 сентября 2015 г.

МЕНТОР ГРАФИКС ДЕВЕЛОПМЕНТ СЕРВИСЕЗ ЛИМИТЕД (Ирландия)
MENTOR GRAPHICS DEVELOPMENT SERVICES LIMITED
МОСКВА