

К 90-ЛЕТИЮ ЛОТФИ ЗАДЕ

Исполнилось девяносто лет выдающемуся ученому, основоположнику ряда крупных научных направлений в прикладной математике, информатике и ИИ, таких как теория нечетких множеств и нечеткая логика, теория возможностей и теория приближенных рассуждений, мягкие вычисления и общая теория неопределенности, почетному редактору нашего журнала, профессору Лотфи Заде.

Профессор Лотфи Заде родился 4 февраля 1921 года в г. Баку (Советский Азербайджан). Несколько лет он посещал русскую школу в Баку. В 1931 г. семья Л.Заде переехала в Иран. Там юный Лотфи закончил сначала Американский колледж в Тегеране (Колледж Альборц), а затем Тегеранский университет, получив степень бакалавра по специальности «Электротехника» (Electrical Engineering).

В 1944 г. Л.Заде уехал в США, где поступил в знаменитый Массачусетский технологический институт (MIT), который успешно окончил в 1946 г. со степенью магистра по специальности «Электротехника». Затем он перевелся на должность преподавателя электротехники в Колумбийском университете, получил докторскую степень PhD в 1949 г. и проработал там еще почти 10 лет, быстро пройдя путь от ассистента (1950 г.) до профессора (1957 г.).

Первой значительной научной работой Л.Заде стала его диссертация, посвященная вопросам частотного анализа нестационарных цепей. В ней он ввел понятие нестационарной передаточной функции, которое впоследствии получило многочисленные приложения в анализе нестационарных линейных систем. Это принесло Л.Заде первое международное признание. В 1950 г. совместно с Дж.Рагазини им было предложено интересное обобщение винеровской теории предсказания. Данная работа нашла применение в проектировании фильтров с конечной памятью и сегодня считается классической. Затем в 1952 г. снова вместе с Дж.Рагазини он разработал метод z-преобразования для дискретных систем. Этот метод также стал классическим в анализе систем и широко применялся при создании систем автоматического управления и цифровых фильтров.

В 1953 г. Л.Заде разработал новый подход к нелинейной фильтрации и построил иерархию нелинейных систем, основанную на представлении Вольтерра-Винера. Таким образом, были заложены основы проектирования оптимальных нелинейных процессоров для обнаружения полезных сигналов в шуме.

В 1959 г. профессор Л.Заде переехал в Калифорнию, где стал работать на кафедре электротехники (Electrical Engineering Department) Калифорнийского Университета в Беркли. В это время его научные интересы были сосредоточены, главным образом, на теории линейных систем и теории автоматического управления. Важным результатом стала изданная в 1963 г. в соавторстве с Чарльзом Дезоером книга «Теория линейных систем (метод пространства состояний)», в которой изложен качественно новый подход в теории линейных систем. Идеи, представленные на страницах этой книги, стали источником многих современных подходов к анализу систем и автоматическому управлению.

Таким образом, к середине шестидесятых годов профессор Л.Заде уже был известным специалистом в области теории систем, теории автоматического управления и их приложений. В это время (с 1963 по 1968 г.) он заведовал кафедрой электротехники Калифорнийского университета. Однако, присущий ему дух новаторства не позволил почитать на лаврах. В 1965 г. в возрасте 44 лет он

публикует в журнале *Information and Control* главный труд своей жизни – основополагающую статью по нечетким множествам «Fuzzy Sets». Эта имеющая большое историческое значение работа дала толчок новому научному направлению, которое вызвало мощный резонанс во всем мире. Основная идея Л.Заде состояла в том, что реальные человеческие рассуждения, опирающиеся на естественный язык, не могут быть описаны в рамках традиционных математических формализмов. Введение нечетких множеств – классов с неточно определенными границами, описываемых функциями принадлежности (обобщающих характеристические функции обычных множеств) – обеспечило основу для развития более гибкого подхода к анализу рассуждений и моделированию сложных гуманитарных систем, поведение которых описывается скорее лингвистическими, чем числовыми переменными.

Данная статья инициировала огромный поток публикаций в области нечеткой математики, который не иссякает до сих пор. В шестидесятые-семидесятые годы неортодоксальные идеи Л.Заде встретили весьма настороженный, а порой и холодный прием в различных научных кругах, особенно, в среде «чистых математиков». Однако, практический потенциал теории нечетких множеств и нечеткой логики, их способность моделировать гибкие и неточные ограничения, частичное проявление свойств, плавный переход из одной ситуации в другую привлекли в эту область целую армию прикладников. За последние двадцать лет разработаны приложения методов и моделей нечеткой математики в распознавании образов, анализе изображений, экспертных системах, системах поддержки принятия решений и многих-многих других сферах. Особенно следует отметить модели нечеткого управления, которые нашли широчайшее промышленное применение, начиная от бытовой техники (пылесосы, стиральные машины с нечеткой логикой) и кончая управлением сложными технологическими процессами (управление доменным процессом, управление атомными энергоблоками) и динамическими объектами (поезда метро, автомобили, вертолеты, роботы и пр.).

Сегодня теория нечетких множеств и нечеткая логика получили поистине всемирное признание. Большая заслуга в этом принадлежит самому Л.Заде, который активно пропагандирует свои идеи по всему миру. Помимо своей постоянной работы в Беркли он многие годы работал в качестве приглашенного профессора в Массачусетском технологическом институте (1963 и 1968 г.), в научно-исследовательской лаборатории корпорации IBM в Сан-Хосе (1968, 1971, 1974 и 1977 г.), в Стэнфордском университете (1987 г.), выступал с чтением лекций в СССР, Франции, Англии, Канаде, Германии, Японии, Китае, Италии, Испании, Португалии, Швеции, Швейцарии, Австрии, Румынии, Венгрии, Югославии, Польше, Турции, Индии, Бразилии, Сингапуре, Саудовской Аравии и других странах.

Лотфи Заде входит в когорту весьма немногочисленных ученых-первооткрывателей, которые генерируют оригинальные научные идеи и формируют новые научные направления. Почти каждая его публикация становится событием в научном мире. Среди самых знаменитых работ Л.Заде, написанных в семидесятые годы, следует отметить «Основы нового подхода к анализу сложных систем и процессов принятия решений» (1973 г.), «Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений» (1975-1976 г.), «Нечеткие множества как основа теории возможности» (1978 г.). В первых двух работах им было введено и описано понятие лингвистической переменной, рассмотрены пути его применения в интеллектуальных

системах и управлении. Именно здесь были сформулированы идеи управления на основе нечеткой логики, которые затем были воплощены в технологии нечетких регуляторов. В статье «Нечеткие множества как основа теории возможности» (1978 г.), открывшей первый номер международного журнала «Нечеткие множества и системы», Л.Заде предложил вариант исчисления неопределенностей, опирающийся на неаддитивную меру возможности, и в частности, интерпретацию нечеткого множества как функции распределения возможностей. В отличие от нечеткого множества, выражающего неточность оценки некоторого атрибута, мера возможности описывает неопределенность, неполноту информации, связанную с появлением того или иного четкого события. По сути, это способ количественного описания (представления смысла) экспертных суждений, который является обобщением интервального анализа и теории ошибок. В настоящее время мера возможности и двойственная ей мера необходимости являются основой развитого математического аппарата моделирования неопределенности в интеллектуальных системах.

В восьмидесятые годы профессор Л.Заде продолжает активно работать над проблемами развития нечеткой логики и теории возможностей, а также их применения в интеллектуальных системах. Так в статье «Роль нечеткой логики в управлении неопределенностью в экспертных системах» (1983 г.) им описан способ применения нечеткой логики в интересах представления неточной информации и построен ряд правил вывода на основе комбинирования свидетельств. Затем он пишет ряд работ, посвященных вопросам моделирования рассуждений здравого смысла: «Теория знаний здравого смысла» (1984 г.), «Силлогизмы в нечеткой логике и их применение к обыденным рассуждениям и рассуждениям с диспозициями» (1985 г.), «Вычислительная теория диспозиций» (1986 г.) и др.

Классические интеллектуальные системы, основанные на символьной обработке информации и булевой логике, не используют численных методов для учета неопределенности и нечеткости и опираются на технологию жестких вычислений (hard computing). Поэтому соответствующие компьютерные программы служат примерами закрытых, трудно модифицируемых систем; в них возможности самоорганизации, кооперации, эволюции компонентов полностью отсутствуют. В работе «Мягкие вычисления, нечеткие множества и нейронные сети» (1992 г.) профессор Л.Заде одним из первых предложил вариант построения гибридной интеллектуальной системы путем совместного использования разнородных моделей в интересах взаимной компенсации их недостатков и объединения преимуществ; при этом, как следствие, можно получить синергетические (нелинейные) эффекты. В рамках мягких вычислений три аспекта интеллекта – управление неопределенностью, обучение и адаптация в процессе эволюции – объединяются путем представления нечетких продукционных моделей в обучаемой нейронной сети, оптимизация которой происходит с помощью генетических алгоритмов. Возможны и более сложные гибриды, включающие помимо указанных компонентов хаотические модели, эволюционные вычисления, вероятностные рассуждения, байесовские сети и их расширения, модели обучения и пр.

Помимо мягких вычислений, в 1990-е годы интересы Л.Заде связаны с разработкой методологии вычислений со словами, а также вычислительной теории перцептивных оценок. Среди опубликованных им работ можно отметить «Нечеткая логика = Вычисления со словами» (1996 г.), «Нечеткая логика и исчисления нечетких правил и нечетких графов» (1997 г.), «От вычислений с числами к вычислениям со словами, от манипуляции с измерениями к манипуляции с пер-

цептивными оценками» (1999-2001 г.), «Заметки о вычислительной теории перцептивных оценок, основанной на вычислениях со словами» (2000 г.). Наконец, в 2005 г. им опубликована фундаментальная статья «На пути к общей теории неопределенности».

Жизнеспособность любой теории во многом определяется ее эволюционным потенциалом, возможностью расширения основных понятий и конструкций, а также появлением новых подходов, примыкающих к этой теории, а порой и конкурирующих с ней. В этом плане научные направления, порожденные пионерскими работами Л.Заде по нечетким множествам, продолжает плодотворно развиваться. Его последователями предложены такие математические конструкции как L-нечеткие множества со значениями принадлежности в дистрибутивной решетке, R-нечеткие множества с интервальными значениями принадлежности в каждой точке, вероятностные множества, нечеткие случайные переменные, нечеткие множества уровня, интуиционистские нечеткие множества, и пр. В то же время, успешно применяются и (в той или иной степени) альтернативные подходы – случайные множества, байесовские сети, непрерывные логики, теория свидетельств, приближенные множества, недоопределенные множества.

В настоящее время проф. Л.Заде является всемирно известным ученым, членом IEEE, Американской ассоциации искусственного интеллекта AAAI, ACM, Национальной инженерной академии США, иностранным членом Российской академии естественных наук, почетным членом Азербайджанской академии наук, Австрийского общества кибернетических исследований.

Его избрали почетным доктором Университета штата Нью-Йорк и Университета Центральной Флориды в Орландо (США), Университета Париж-6 и Университета Поля Сабатье в Тулузе (Франция), Дортмундского и Гамбургского университетов (Германия), Университета г. Овьедо и Университета г.Гранады (Испания), Университета г. Торонто (Канада), Университета г. Остравы (Чехия), Силезского технического университета в Гливице (Польша), Бакинского государственного университета (Азербайджан), а также ряда других университетов. В 2005 году он стал почетным доктором Ульяновского государственного технического университета и почетным профессором Тверского государственного университета, в которых, как и в ряде других российских центров, сформировались научные школы его последователей.

Лотфи Заде является также лауреатом японских премий корпорации Хонда (1989 г.) и Окава «За выдающийся вклад в информатику, развитие нечеткой логики и ее приложений» (1996 г.), французской премии им. Кампе де Ферье (1992 г.), премии румынской академии наук за фундаментальные исследования им. Григоре Мойзила (1993 г.), американской премии им. Р.Беллмана в области управления (1998 г.), премии IEEE по нечетким системам (2000 г.), премии ACM им. Алана Ньюэлла «За основополагающий вклад в ИИ путем развития нечеткой логики» (2001 г.) и др. Имеет также медали IEEE в области образования (1973 г.), в ознаменование ее столетнего юбилея (1984 г.), а также медаль им. Ричарда Хэмминга «За выдающийся вклад в информатику и информационные системы» (1992 г.) и медаль тысячелетия за создание теории нечетких систем (2000 г.), медаль им. Руфуса Ольденбургера «За выдающийся вклад в теорию систем, анализ решений, теорию нечетких множеств и ее применения» от Американского машиностроительного общества (1993 г.), медаль им. Б.Больцано «За выдающиеся достижения в нечеткой математике» от Чешской академии наук (1997 г.), медаль им. Эдварда Фейгенбаума от Международного общества по интеллектуальным

системам (1998 г.).

Профессор Л.Заде участвует в работе многих научных журналов в качестве почетного редактора, ассоциированного издателя или члена редколлегии. Среди них следует отметить такие известные журналы как Fuzzy Sets and Systems, Fuzzy Mathematics, Cybernetics and Systems, Journal of Fuzzy Systems and Artificial Intelligence, International Journal of Computational Intelligence, Soft Computing, Intelligent Automation and Soft Computing и др. С 2006 г., когда был основан научный журнал «Нечеткие системы и мягкие вычисления», Л.Заде является его почетным редактором.

С 1991 года Л.Заде – почетный профессор Калифорнийского университета. Он по-прежнему читает лекции студентам, участвует в работе международных конференций (в частности, в 2005 г. он приезжал в Китай на Всемирный конгресс Международной ассоциации нечетких множеств IFSA, где выступил с часовым пленарным докладом), продолжает научно-организационную деятельность в своем любимом Беркли как директор Берклеевской программы инициатив в области мягких вычислений (Berkeley Initiatives in Soft Computing).

Роль Лотфи Заде в современном мире не ограничивается только конкретными областями науки. Его необычная собственная биография, вся жизнь и международная деятельность вносят ценный вклад в формирование общепланетарного научного сообщества XXI-го века, способствует становлению нового научного мировоззрения, предполагающего симбиоз достижений восточных и западных культур.

Международная редколлегия журнала «Нечеткие системы и мягкие вычисления» сердечно поздравляет Лотфи Заде с юбилеем и желает ему долгих лет жизни, здоровья и новых научных свершений.