

## КОМПЬЮТЕРНАЯ МАТЕМАТИКА И НОВЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Ю. В. Позняк<sup>1</sup>, А. А. Кулешов<sup>2</sup>, А. М. Курлыпо<sup>3</sup>

<sup>1</sup> — Центр информационных технологий БГУ, просп. Ф.Скорины, 4, Минск, 220050, тел. (37517) 2-095-095, [poznjak@cit.bsu.unibel.by](mailto:poznjak@cit.bsu.unibel.by)

<sup>2</sup> — Механико-математический факультет БГУ, просп. Ф.Скорины 4., Минск, 220050, БЕЛАРУСЬ, тел. (37517). 2-095-047 [kuleshov@cit.bsu.unibel.by](mailto:kuleshov@cit.bsu.unibel.by)

<sup>3</sup> — Министерство финансов Республики Беларусь, ул. Советская 7, Минск, 220048, БЕЛАРУСЬ, тел. (37517). 2-226-632, [mfred@open.by](mailto:mfred@open.by)

В последние десятилетия произошло становление совершенно нового рода человеческой деятельности, имеющей стратегическое значение как для развития науки, так и для общественно-социальной деятельности. Это получение, обработка, использование и накопление информации. В обществе возникла информационная структура — *инфосфера*. Отсюда, как следствие, на первый план выходит задача управления информатизацией общества и отдельных его структур. Информатизация сегодня — не только грандиозная научно-техническая проблема, но и направление развития общества, имеющее далеко идущие социальные последствия. Стратегическое значение информационных ресурсов обостряет важность вопросов формирования новой информации, ее отображение в базы данных и базы знаний оперативной доступности в компьютерных сетях.

Очевидно, что первое, чего требует на практике процесс информатизации, — это изменение образовательных и квалификационных уровней общества в целом. Сегодня наблюдается появление многочисленных профессиональных прослоек, непосредственно и полностью погруженных в создание, развитие и применение инфосферы: создателей носителей информации, разработчиков их информационного наполнения, а также специалистов, умеющих осуществлять поиск информации в мировом информационном пространстве и анализ этой информации на основе современных методов и средств.

Не менее, а скорее более важно для общества повышение среднестатистического, или "обывательского", понимания и принятия азов информатизации. Для этого требуется продуманная политика общегосударственного масштаба, реформа всей системы просвещения — от начальной школы до высших учебных заведений. Однако подобная единовременная реформа всей системы образования невозможна по многим причинам. Это, в первую очередь,

финансовые проблемы. Не менее важными факторами являются также отсутствие подготовленных кадров и детально проработанных методологических принципов и установок.

Специалисты, которые могут осуществлять анализ информации с использованием электронных систем искусственного интеллекта (в частности, систем компьютерной математики) находят и будут находить наибольший спрос во всех областях деятельности, связанных с инфосферой (в экономике, естествознании, технике и гуманитарных областях). В связи с этим, они не только должны иметь высокую квалификацию в своих конкретных областях (экономика, математика, физика, медицина т.д.), но уметь формулировать и трансформировать математические модели различных процессов в системы искусственного интеллекта. А самое главное — они должны уметь грамотно провести интеллектуальный анализ данных, что на данном этапе невозможно осуществить без современных систем компьютерной математики.

Непосредственно компьютерной математике в мире уделяется очень много внимания: так в одной только Германии существует около сорока центров по подготовке специалистов по системам компьютерной математики; существуют также компании и институты, деятельность которых базируется на изучении, применении и внедрении алгоритмов компьютерной математики во все области практической деятельности (Wolfram Research, Inc. (США), Maple (Канада), институт RISC-Linz университета Иоганна Кеплера, Австрия). В нашей республике также имеется значительный интерес к компьютерной математике. На прошедших в 1997, 1999 годах на базе Белгосуниверситета международных научных конференциях "Компьютерная алгебра в фундаментальных и прикладных исследованиях и образовании", были представлены доклады из России, Украины, Германии, США, а также из 16 крупнейших вузов Беларуси [1, 2, 3].

Надо отдать должное фирме-производителю системы Mathematica (Wolfram Research), которая на данном этапе всячески способствует внедрению в учебный процесс университетов Республики Беларусь наиболее значительных достижений компьютерной математики — области важной как с позиции использования в современных научных исследованиях, так и с точки зрения применения в практических расчетах и учебном процессе. Фирмой разработана специальная ценовая политика в отношении Беларуси — это *Belarusian Grant Program*.

Необходимо отметить, что авторы на протяжении как минимум пяти последних лет предпринимали [4] и настойчиво продолжают предпринимать многочисленные попытки убедить руководящих работников самых различных уровней — заведующих кафедр, деканов факультетов, проректоров, ректоров, работников Министерства образования — перейти к систематическому изучению современных методов и средств компьютерной математики в вузах. Положительным эффектом в этом процессе можно считать то, что Министерство образования РБ воспользовалось возможностью приобретения на льготных условиях и закупило 200 лицензий в рамках *Belarusian Grant Program* для пяти университетов Беларуси. Кроме того, Пинский банковский колледж Национального банка РБ приобрел 100 аналогичных лицензий.

В этой связи уместно привести некоторые наблюдения из опыта продвижения информационных технологий в зарубежных странах. В условиях рыночной экономики наиболее яркое воплощение компьютерные технологии находят в маркетинге. Непременным этапом маркетингового исследования является анализ привлекательности рынка. В ходе анализа проводится измерение и прогнозирование объема продаж, структуры спроса, определяются текущие этапы жизненного цикла товаров и потенциал прибыли. Результаты анализа являются ключевой информацией для принимаемых руководством предприятий инвестиционных и маркетинговых решений. Поэтому не случайно маркетинговые службы ведущих компаний мира уделяют первостепенное внимание качеству исследований, для чего применяют суперкомпьютеры и передовые информационные технологии с использованием таких инструментов количественного анализа, как теория динамического хаоса, алгоритмы нелинейного регрессионного анализа, теория нечетких множеств, модели исследования скрытых воздействий, нейронные сети и др. С их помощью ученые-

аналитики, — называемые часто квантами от *quantitative analysts* (специалисты по количественному анализу), — ищут в данных о состоянии рынка такие закономерности, многофакторные зависимости, циклы, условные конструкции, использование которых увеличивает прибыль или снижает степень риска на товарных и финансовых рынках. Вместе с тем, следует указать на высокую стоимость подобных технологий. В условиях пассивного маркетинга весьма эффективным в отношении окупаемости затрат может быть инструментарий, основанный на эвристических и экстраполяционных методах. Одним из этого арсенала является метод индикатора покупательной способности регионов страны [5,6].

Сказанное можно проиллюстрировать следующими цифрами. Если в середине 80-х годов доля информационно-процессингового оборудования и программного обеспечения в основном капитале в экономике США оценивалась на уровне 15%, то в 2000 году она уже возросла почти до 50%. Инвестиции в "информационный основной капитал" за этот промежуток времени ежегодно увеличивались в среднем на 39%. Для сравнения: вложения в строительство и коммунальное хозяйство за этот период увеличивались с поправкой на инфляцию на 1,9% в год, в добычу полезных ископаемых и промышленное оборудование - на 4-5, в транспортное оборудование - на 8% в год. Особенно резко стали возрастать инвестиции в информационном секторе с 1994 г., когда абсолютный объем капитальных вложений в компьютеры и периферийное оборудование практически удвоился [7].

Финансовых проблем у них значительно меньше, а вот с подготовленными кадрами в данной области такая же проблема как и у нас — их не хватает. При этом одной из основных причин считается существующий у преподавателей психологический барьер перед применением наукоемких компьютерных технологий в образовательной деятельности. Но если Германия может себе позволить приглашать в год под программу информатизации до 50000 специалистов из других стран мира, а США — до 190000, то нам необходимо искать внутренние источники преодоления нехватки так необходимых "компьютерщиков".

Детальное изучение сложившейся ситуации при отсутствии социологических исследований приводит к выводу, что основной причиной катастрофически медленного продвижения наукоемкого программного обеспечения в сфе-

ру подготовки специалистов является отсутствие подготовленных кадров. Следовательно, кадры необходимо готовить. Опыт такой богатой страны как Австрия показывает следующее.

В декабре 1999 года компания Wolfram Research и её австрийский дистрибьютор Unisoftware Plus завершили переговоры, гарантировавшие, что все 10 главнейших австрийских университетов получили неограниченно действующие лицензии на использование Mathematica — самой развитой компьютерной технической системы (которая принята в качестве стандарта в патентно-лицензионной службе США).

Хотя достижение этого заняло около 10 лет, сейчас, благодаря Unisoftware Plus, среди научного сообщества Австрии Mathematica считается стандартным техническим компьютерным инструментом, т.е. теперь Mathematica стала стандартом для всех университетов Австрии.

Большую работу в области компьютерной математики осуществляет известный институт RISC-Linz. Он был учрежден правительством Австрии в 1987 году и организационно является частью университета Иоганна Кеплера (Линц, Австрия). RISC-Linz — это независимая структура, работающая в тесном контакте с подразделениями Института математики и Института информатики. RISC-Linz был основан профессором Бруно Бухбергером. В настоящее время возглавляется проф. Францем Финклером. Научную работу (в рамках различных исследовательских и конструкторских проектов) и преподавание в институте проводят около 70 ученых.

Основные цели RISC-Linz — научные исследования, образование и производственное сотрудничество в области символьных вычислений. Эти цели базируются на уверенности, что в информатике символьные вычисления — это одна из наиболее перспективных теоретических областей, которая, открывает одно из наиболее обещающих направлений в будущей индустрии программного обеспечения.

Этот опыт показывает, что даже в такой благополучной в финансовом отношении стране как Австрия, процесс широкомасштабного применения наукоемких информационных технологий в образовании затянулся на десятилетие.

Более того, в попытке исследовать новые пути использования продвинутых математических программ в преподавании и изучении на уровне старшей школы, Министерство образования Дании разработало программу, в которой 24 участвующие школы будут осуществлять

преподавание предметов с полномасштабным использованием Mathematica, что будет доступно посредством специально созданного Intranet, использующего технологию webMathematica.

Анализ процесса подготовки специалистов в университетах Беларуси для инфосферы показывает, что, в лучшем случае, открываются новые специализации и специальности в рамках существующих факультетов. Но опыт учит тому, что первым важным шагом в осуществлении преобразований в сфере образования могут стать открытие в университете не столько новых специализаций и специальностей, сколько принципиально нового факультета, обязательным условием для которого является использование лучших систем компьютерной математики при получении знаний на всех уровнях высшего образования, что в корне отличается от существующих сегодня подходов и методов использования информационных технологий в обучении.

Стремительное развитие информационных технологий уже подготовило основу для устранения естественного разрыва между фундаментальными знаниями и их применением на практике. Этой основой являются универсальные системы компьютерной математики (СКМ) [8,9]. Однако как и 20 лет назад специалист, окончивший высшее учебное заведение и не овладевший навыками работы в СКМ, должен на рабочем месте осваивать азы моделирования и программирования для того, чтобы применить свои знания на практике.

Новый факультет позволит готовить кадры, способные решать поставленные перед ними задачи без потери времени на создание инструментов реализации своих знаний.

Необходимо также отметить, что чистые сроки обучения можно сократить до 3-4 лет. Это достигается за счет уплотнения учебных планов на основе использования современных компьютерных технологий. Благодаря этому, начиная с третьего курса, студенты смогут совмещать учебу с профессиональной деятельностью.

Новый факультет может быть создан в любом университете. Для примера приведем обоснование необходимости создания факультета с условным названием "Факультет системного анализа и принятия решений" (сокращенно ФСАПР).

Процессы принятия решений являются основным звеном любой целенаправленной деятельности [10,11].

В экономике они предшествуют созданию производственных и хозяйственных организаций, обеспечивают их оптимальное функционирование и взаимодействие.

В научных исследованиях позволяют выделить важнейшие научные проблемы, найти способы их изучения, предопределяют развитие теоретического аппарата и экспериментальной базы.

При создании новой техники составляют важный этап в проектировании машин, устройств, приборов, комплексов, зданий, а также в разработке технологий их создания и эксплуатации.

В социальной сфере являются основополагающими в организации функционирования и развития социальных процессов, их координации с хозяйственными и экономическими.

Оптимальные (эффективные) решения позволяют достигать цели при минимальных затратах трудовых, материальных и сырьевых ресурсов.

Методы поиска оптимальных решений рассматриваются в разделах классической математики, связанных с изучением экстремумов функций, а также в математическом программировании. Однако, решение здесь - это математический объект, основным свойством которого является то, что он доставляет экстремум заданной функции или функционалу. Зачастую оценка производится по одному аспекту или критерию. На практике же решение нужно оценивать с различных точек зрения, учитывая физические, экономические, технические и другие аспекты. Это в свою очередь требует построения адекватных (и в этом случае, как правило, сложных) математических моделей и последующего применения методов многокритериальной оптимизации для получения решения.

В свою очередь моделирование самих процессов принятия решения сегодня также становится центральным направлением автоматизации деятельности субъектов, принимающих решения.

Исследования последних лет в области теории принятия решений и ее приложений привели к осознанию того факта, что сложные задачи принятия сложных решений формулируются и обсуждаются на профессиональном языке, отражающем специфику проблемы. Следствием этого является использование в процессе поиска наилучшего решения качественных элементов: понятий и отношений с нечеткими границами, высказываний с многозначной шкалой истинности.

Построение моделей принятия решений для задач, имеющих нечеткое словесное описание, оказалось возможным благодаря введению понятий нечеткого множества и лингвистической переменной. При наличии четкой информации оказывается полезной субъективная или байесовская теория статистических решений, которая применима в тех задачах, в которых неопределенность или информация относительно параметров в любой момент времени может быть задана посредством вероятностного распределения.

Накопленный опыт математического моделирования в различных сферах деятельности привел к пониманию того факта, что первостепенное внимание при подготовке кадров высшей квалификации следует уделять теории принятия решений на основе построения математической модели.

Особенно остро эта потребность ощущается при изучении и совершенствовании сложнейших процессов принятия социально-экономических решений, в частности, в разработке систем планирования экономического и социального развития. Как должна быть поставлена и решена эта задача, как сопоставить цели средствами их достижения и другими воздействующими факторами, выработать критерии оценки, комплекс стимулов и норм для реализации планов, соответственно какие нужны процедуры и модели, информация и коммуникационная сеть, в целом организация планирования для решения указанной задачи? Согласованный ответ на эти вопросы можно получить лишь с помощью общей теории математического моделирования.

Что касается точных наук и техники, то вопросы моделирования при решении научно-технических проблем являются составной частью самого процесса творчества. Однако и в классических областях естествознания назрело понимание того факта, что необходимы качественные перемены в процессе преподавания, связанные, прежде всего с бурным развитием науки и лавинообразным ростом объема информации об окружающем мире. Эти изменения предъявляют совершенно новые требования не только к содержанию образования, но и к объемам знаний выпускаемых специалистов.

При старых методах представления информации сложность учебных программ близка к предельной. Сроки обучения увеличивать невозможно, поэтому единственным средством модернизации учебного процесса, адекватным требованиям сегодняшнего дня, является ком-

пьютеризация методов обработки информации. Компьютеризация образования — объективная и острая необходимость, которая влечет за собой определенный комплекс проблем, связанных с выполнением следующих требований: обеспечить подлинную массовость образования при высоком качестве обучения.

Формирование нового взгляда на фундаментальное экономическое образование происходит в современных условиях на фоне постоянно увеличивающегося внимания к роли информатики и новых информационных технологий. Сегодня компьютеры — один из важнейших факторов, определяющих преобразования в системе экономического образования.

Под влиянием компьютеров меняется содержание экономических дисциплин, причем возрастает спрос на математические методы исследования и конструирования. Этот процесс должен сопровождаться переориентацией целей математического образования на развитие творческого мышления, опирающегося на соответствующий математический аппарат.

На первый план выдвигаются вопросы адекватности математических моделей, качественного анализа их свойств и интерпретации результатов вычислений. Для решения новых образовательных задач необходимо модернизировать существующие и создавать новые учебные курсы, разрабатывать новые учебные пособия (в том числе и электронные), в которых математические модели экономических процессов могли бы создаваться и исследоваться с активным использованием новых информационных технологий (например, системы Mathematica).

К настоящему времени достаточно четко выделяются два основных способа создания учебных курсов, использующих новые компьютерные технологии:

- создание учебных курсов на базе компьютерных программ учебного назначения, специально разработанных для соответствующего курса, учебной дисциплины;
- разработка учебных курсов, ориентированных на существующие мощные универсальные системы компьютерной математики.

Из опыта эксплуатации новых технологий известно, что легко достигаются следующие цели:

- увеличивается число задач для самостоятельного решения (благодаря сокращению числа рутинных преобразований);
- исследуются более сложные модели, так как громоздкие вычисления переданы соответ-

ствующим системам компьютерной математики;

- совершенствуются учебные курсы, поскольку больше внимания уделяется качественным аспектам;
- студенты избавляются от страха при работе с громоздкими выкладками и приобретают уверенность в символьных вычислениях;
- прививается вкус к анализу результатов;
- вырабатываются устойчивые практические навыки проведения математических рассуждений.

Согласно одному из виднейших специалистов в данной области, академику Самарскому А.А., вычислительный эксперимент реализует цепочку "объект - модель - алгоритм - программа - анализ результатов - управление объектом". (Это высказывание относится к середине 80-х годов). В наше время практически на всех стадиях указанной цепочки могут использоваться и уже используются символьные преобразования. Поэтому вместо сочетания "вычислительный эксперимент" далее будем использовать сочетание "компьютерный эксперимент", т.к. на наш взгляд это правильней отражает суть современного состояния обсуждаемой тематики.

Технология проведения одного цикла компьютерного эксперимента включает две фазы: формирование модели и прогноз на ее основе. Стадии прогноза должны, как правило, предшествовать научный эксперимент, позволяющий оценить адекватность модели и учесть свойства среды. Именно компьютерный эксперимент и должен быть взят в качестве методологии обучения на факультете "Системный анализ и принятие решений".

Только последовательное применение методов математического моделирования на основе современных систем компьютерной математики дает возможность организовать непрерывную подготовку специалистов, ориентированную на потребности практики, и тем самым придает новый импульс фундаментальному образованию, наличие которого предполагается в компьютерном эксперименте.

Внедрение в учебный процесс новых информационных технологий позволяет не только изучать в полном объеме фундаментальные дисциплины, но и наиболее полно развивать у студентов творческое мышление, опирающееся на соответствующий математический аппарат, что приводит к значительному увеличению выживаемости знаний. Важная составляющая

такого аппарата — качественные методы исследования экономико-математических моделей.

При традиционном обучении строить и изучать курсы, посвященные качественным методам математических исследований в экономике, достаточно сложно. Компьютер же, оснащенный системами компьютерной математики, позволяет тем или иным способом обойти эти трудности, заменяя громоздкий и сложный анализ наглядной демонстрацией. Преподаватели получают возможность подобрать и подготовить яркие иллюстрации, обогатить курс примерами, которые обычно не рассматриваются из-за их сложности. Студенты, самостоятельно исследуя большое количество содержательных примеров, сравнительно быстро решая сложные интересные задачи, хорошо усваивают основные понятия и факты соответствующей теории, учатся строить индуктивные умозаключения, развивают интуицию.

Использование новых технологий позволяет с одной стороны доступно излагать самые сложные темы из различных фундаментальных дисциплин, а с другой стороны переориентирует обучение к решению практических задач, улучшая качество профессиональной подготовки.

Организуемый новый факультет — это своего рода плацдарм для отработки новых методологических принципов и установок образования в новых условиях.

Работа факультета даст возможность создания и апробации новых технологий обучения, новых учебных курсов, новых структур учебных планов, которые впоследствии могут быть использованы на других факультетах.

Высокое качество образования с использованием и параллельным усовершенствованием новых методик и технологий обучения будет достигаться за счет привлечения квалифицированных и наименее консервативных преподавателей, заинтересованных в повышении собственной квалификации и даже в переподготовке по профилю нового факультета. Новые навыки и знания, приобретенные таким образом, впоследствии могут найти воплощение и в курсах, читаемыми этими преподавателями на других факультетах.

Это единственный способ подготовки и переподготовки квалифицированных специалистов, т.к. совершенно новые курсы по системному анализу в экономике, основанные на современных компьютерных технологиях, могут быть детально методически отработаны на новом факультете, который ставит своей целью удовле-

творение спроса на специалистов, остро необходимых на всех этапах развития экономики.

Выпускники новой факультета займут места советников по экономике руководящего звена фирм, банков, министерств, ведомств, и т. п., восполнив недостаток в квалифицированных экономистах, владеющих математическим аппаратом анализа информации и способных прогнозировать последствия принимаемых решений на основе проводимого анализа.

Финансирование подготовки специалистов на новом факультете возможно как из бюджетных источников, так и со стороны заинтересованных физических лиц и организаций.

В приложениях приводятся примерные "Квалификационная характеристика" выпускаемых специалистов (Приложение 1), основные спецкурсы и некоторые их аннотации (Приложение 2), возможные названия кафедр (Приложение 3).

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

### Квалификационная характеристика экономиста-математика-советника по специальности Н xx.xx.xx "Новая специальность"

Квалификационная характеристика согласована с министерствами и ведомствами, для которых ведется подготовка специалистов, и утверждена приказом \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ № \_\_\_\_\_.

Настоящая квалификационная характеристика устанавливает профессиональное назначение экономистов-математиков-советников по специальности "Новая специальность", выпускаемых высшей школой по дневной форме обучения, а также квалификационные требования, предъявляемые к ним.

Квалификационная характеристика должна применяться при планировании подготовки и прогнозирования потребности в специалистах, обосновании состава специальностей и специализаций, организации учебно-воспитательного процесса в высших учебных заведениях, распределении, расстановке и изучении профессионального использования выпускников вузов.

**Назначение специалиста.** Специалист подготовлен для управленческой деятельности в структурах управления сложными экономическими, финансовыми и банковскими системами в соответствии с полученной специализацией.

Специалист предназначен для работы в органах государственного управления (для моде-

ирования, прогнозирования и оценки последствий принимаемых решений на основе технологии компьютерного эксперимента), государственных структурах (регулирующих внутренние и внешние экономические процессы в особый период и чрезвычайных ситуациях), высших учебных заведениях, научно-исследовательских учреждениях в должностях, соответствующих полученной квалификации.

**Общие требования к специалисту.** Специалист должен сочетать широкую фундаментальную научную и практическую подготовку, владеть современными методами управления сложными системами.

Специалист должен знать:

- основы общетеоретических дисциплин в объеме, необходимом для решения проблем управления, научно-исследовательских и производственных задач;
- профилирующие и специальные дисциплины, в том числе: высшую математику, основы компьютерного эксперимента, информатику, теорию рынка и экономики и другие; а также по специализациям:
  - "Системы интеллектуального анализа данных (ИАД)" — алгоритмы и системы компьютерной математики, основы теории восстановления зависимостей по выборкам ограниченного объема, теория информации, обработка нечеткой информации в системах принятия решений;
  - "Принятие решений в экономике на основе ИАД" — макроэкономика и микроэкономика, теория случайных процессов в приложениях к экономике, теория выбора и принятия решений, анализ балансовых уравнений экономики, системный анализ рынка;
  - "Инжиниринг фирм и предприятий" — инжиниринг фирм и предприятий, компьютерные технологии менеджмента, системный анализ.
- принципы и приемы сбора, систематизации информации и проведения научных исследований по профилю специальности; практические вопросы редактирования и подготовки материалов к публикации, составления рефератов, обзоров и рецензий; основы ораторского мастерства, основы управления персоналом, основы дипломатии;
- физические основы вычислительной техники, программирование с использованием интегрированных систем компьютерной математики, основные операционные системы,

методы организации данных в ЭВМ (базы данных);

Специалист должен уметь:

- разрабатывать алгоритмы решения задач и реализовывать их на одном из алгоритмических языков программирования;
- разрабатывать алгоритмы и программы для систем компьютерной математики;
- применять методы моделирования процессов многокритериальной оптимизации в системах компьютерной математики;
- применять оптимизационные методы решения задач по специальности, разрабатывать пакеты прикладных программ по специальности и включать их в математическое обеспечение ЭВМ;
- пользоваться современными информационными технологиями для изучения и анализа математических моделей сложных экономических, финансовых и банковских систем в соответствии с полученной специализацией; формулировать и решать математические и экономические задачи исследовательского и прикладного характера, проводить компьютерный эксперимент, планировать, организовывать и вести научно-исследовательскую работу;
- применять современные технические средства поиска, обработки использования информации, ориентироваться в инфосфере по профилю подготовки и смежным вопросам;
- редактировать, реферировать и рецензировать тексты; подготавливать рукописи к публикации и осуществлять авторский контроль за их изданием.

Квалификационная характеристика является документом, которым обязаны руководствоваться все высшие учебные заведения, ведущие подготовку кадров по данной специальности, и органы управления, используя ее для постоянного совершенствования обучения и воспитания специалистов широкого профиля в соответствии с потребностями и перспективами социально-экономического и научно-технического прогресса.

Все изменения и дополнения, обусловленные необходимостью отражения новых научных данных и достижений практики в содержании подготовки кадров по специальности, могут быть внесены в квалификационную характеристику только по согласованию с Министерством образования.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

### Основные спецкурсы.

#### 1. Моделирование финансовых торговых систем на платформе Mathematica.

Курс освещает методы тестирования и обеспечения работы финансовых торговых систем, а также некоторых нетрадиционных систем. Рассказывается как обеспечить доступ к инструментам и техническим приемам, которые ранее использовались только узким кругом аналитиков; смоделировать совершенную торговую систему на одном языке и быстро внести изменения в любую часть этой системы. Инструменты включают три типа управления средними величинами: показатели высокого уровня, средневзвешенные и простейшие. Показывается как объединить все лучшие рыночные показатели в одну интегрированную систему, которая помогает полностью осмыслить имеющиеся данные. Дается возможность: выбрать, какие показатели использовать, как комбинировать и расширить их, чтобы лучше осветить преимущества и слабости рынка; просматривать свои технические показатели в трех измерениях, чтобы оценить широкий круг предметов выбора. «Японские свечи» позволяют быстро и точно осознать структуру данных и подвести итоги ценовой активности за определенный период времени. Описываются методы сжатия данные в еженедельные схемы и месячные тенденции.

#### 2. Предварительная обработка данных и их классификация на платформе Mathematica.

Предлагает подробное описание обширного набора методов для сбора, визуализации и преобразования данных. С помощью набора примеров, которые включают реальные экспериментальные результаты, иллюстрируется, как разработать собственные проекты, используя мощь и гибкость системы Mathematica. Показывается, как пользуясь средствами анализа ошибок манипулировать погрешностями в нескольких измерениях данных, получать оцененные погрешности соответствующих параметров, изучать соответствующую графическую информацию, приспособлять данные к линейной или произвольной модели. Детально излагаются методы подгонки данных к прямой или кривой, даже когда одна или более точек окажутся «шалными» и метод наименьших квадратов неприменим. Для нетрадиционных задач описывается режим шаблонной подгонки посредством выбора из многочисленных вариантов. Рассматривается возможность выравни-

вания данных и устранения помех стандартными способами улучшения точности.

Графические средства Mathematica обеспечивают широкий спектр приемов для визуализации экспериментальных данных. Распределение значений данных может быть показано наглядно с использованием гистограмм или графиков. Рассказывается, как управлять визуализацией экспериментальных данных: количество неточностей, минимум и максимум.

#### 3. Планирование стратегий развития финансовых систем на платформе Mathematica.

Рассматривается создание собственных финансовых систем и их анализ. Курс показывает основные приемы работы биржевых маклеров, инвестиционных аналитиков, профессиональных менеджеров и др. представителей финансовых кругов, чьи основные задачи состоят в анализе данных и планировании стратегии. Возможно эффективное приложение материалов спецкурса к быстро развивающимся традиционным частным приложениям, к проверке и оценке торговых и сдерживающих стратегий и к оценке имущества. Даются основные понятия о финансовых объектах (таких как денежный поток, опцион, долговое обязательство и процентные ставки) и функциях (таких как выборочная оценка, эластичность) и показывается как их использовать. Примеры иллюстрируют как рассчитать «эффективный портфель Марковица» и вычислить изменяющиеся средние значения. Используя материал спецкурса можно быстро научиться применению системы Mathematica ко всем задачам, требующим точных числовых, символьных и графических расчетов. Рассказывается как можно построить связь с базами данных, обширными таблицами или с собственным программным обеспечением.

#### 4. Методы прогнозирования временных рядов на платформе Mathematica.

Курс посвящен одномерному и многомерному анализу данных. Описывает как на практике исследовать стационарные и нестационарные модели. Дает ряд рекомендаций по выбору модели, соответствующей имеющимся данным, а также по получению оценки параметров модели. Возможен выбор из стандартных методов: Yule-Walker, Levinson-Durbin, длинной авторегрессии, Hannan-Rissanen, линейной фильтрации, простого экспоненциального выравнивания, дифференцирования, изменения средних значений и т.п. для приведения необработанных данных в форму удобную для моделирования. Рассказывается о стандартных методах вычисления спектра, основанных на



расчете корреляции и частичной корреляции. Подробно изучается вопрос оценки параметров модели и проверки их адекватности данным, с использованием остатков и различные тестов типа «portmanteau», «turning points», «difference-sign». Среди обычно используемой техники прогнозирования особое внимание уделяется лучшему линейному предиктору и приближенному лучшему линейному предиктору. Это дает возможность мгновенно уточнить прогнозы, получив новые данные. Рассказывается как анализировать данные в частотном пространстве. Излагаются следующие методы: преобразование Фурье и робастные численные методы.

5. Методы нечеткой логики в исследованиях сложных систем на платформе Mathematica.

Излагается инструментарий для создания, модификации и представления нечетких множеств, а также систем, основанных на нечеткой логике. С помощью практических примеров осуществляется введение в основные понятия нечеткой логики и демонстрируется, как применять инструментарий на базе компьютерной математики к широкому спектру задач создания нечетких систем. Полученные навыки можно применить в исследованиях, моделировании, тестировании и визуализации сложных систем. Подробно описан процесс конструирования нечетких отношений. Применение созданных исследователем отношений позволит интерпретировать полученные результаты в исходных терминах. Рассказывается как использовать графические режимы для облегчения визуализации стратегий освобождения от нечеткости, нечетких множеств и нечетких отношений.

6. Моделирование внутриэкономической ситуации страны.

7. Предварительная обработка данных и их классификация на платформе Mathematica.

8. Планирование стратегий развития финансовых систем на платформе Mathematica.

9. Разработка стратегии развития финансово-кредитной системы.

10. Разработка стратегии развития внешнеторговой сферы.

11. Разработка стратегии развития денежно-кредитных отношений.

12. Разработка стратегии развития структурной реформы.

13. Разработка стратегии развития внешнеэкономической политики.

14. Разработка стратегии развития налогового-бюджетной политики.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 3

### Кафедры.

- I. Современная математика.  
Высшая алгебра.  
Математический анализ.  
Линейный анализ.  
Обыкновенные дифференциальные уравнения и динамические системы.  
Комплексный анализ.  
Дискретная математика.
- II. Моделирование сложных систем.  
Теория вероятностей и математическая статистика.  
Теория выбора.  
Методы моделирования сложных систем.  
Обработка нечеткой информации в системах принятия решений.  
Оптимальные статистические решения.  
Игры поиска.  
Экспертные системы.
- III. Компьютерная математика  
Алгоритмизация символьных вычислений.  
Принципы объектно-ориентированного программирования.  
Моделирование в экономике и естествознании.  
Компьютерный эксперимент.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Компьютерная алгебра в фундаментальных и прикладных исследованиях и образовании. Тезисы докладов Второй международной научной конференции. Минск, 1999. 108 с.
- [2]. Компьютерная алгебра в фундаментальных и прикладных исследованиях и образовании. Тезисы докладов Международной научной конференции. Минск, 1997. 179 с.
- [3]. Computer Algebra in Fundamental and Applied Research and Education. Proceedings of Second International Scientific Conference. Minsk, 1999. 134 с.
- [4]. Воротницкий Ю.И., Земсков С.В., Катков В.Л., Позняк Ю.В., Шумейко Н.М. К итогам международной конференции по компьютерным алгебраическим системам CAS-97. Информатизация образования, №12, 1998. С. 29-37.
- [5]. Курлыпо А.М. Маркетинговый аудит региональных проблем рынка молока и молочных продуктов// НТИ и рынок.-1997, №9. С48-54.
- [6]. Т. Гурова, А. Кобяков. Происшествие на Wall Street// Эксперт, №12 (272) 26.03.2001 г.
- [7]. Курлыпо А.М. Думать глобально – действовать локально: краткие итоги количественного анализа данных// Финансы, учет, аудит.-2000, №2.- С.32-44.
- [8]. Позняк Ю.В., Земсков С.В., Кулешов А.А. Система Mathematica 4 и возможности ее использо-

- вания в образовании. Труды Четвертой международной конференции "Новые информационные технологии — НИТе'2000", т.3. Стр. 161-166.
- [9]. Позняк Ю.В., Земсков С.В., Кулешов А.А. Создание электронных учебников средствами системы *Mathematica*. Труды Четвертой международной конференции "Новые информационные технологии — НИТе'2000", т.3. Стр. 166-169.

- [10]. Курбацкий А.Н., Чеушев В.А. Информационный метод анализа и оптимизации в системах поддержки принятия решений. - Мн., 1999.-200 с.
- [11]. Кулешов В.А. Информационное обеспечение управленческой деятельности. - М..2001 -344 с.

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРЕСС-ФОРМ В ИНТЕГРИРОВАННОЙ СРЕДЕ CAD/CAM/CAE СИСТЕМ

А.А. Прохорова

Республиканское научно-инженерное унитарное предприятие «Системы автоматизации», ул. Сурганова, 6, Минск, 220012, БЕЛАРУСЬ, тел. 284-19-62

Создание технологической оснастки, и в частности пресс-форм (ПФ), является частью процесса запуска в производство новых изделий, определяющее сроки появления и конкурентоспособность его на рынке данного вида продукции. Проектирование пресс-формы (ПФ) включает этапы:

- получение компьютерной модели отливаемого изделия, учитывающей коэффициент усадки материала отливки;
- получение поверхностей и объемов формообразующих деталей ПФ (матрицы, пуансона, выталкивателей);
- формирование всех систем конструкции ПФ, обеспечивающих ее функционирование в процессе литья;
- моделирование фрезерной обработки поверхностей матрицы и пуансона для получения программ для станков с ЧПУ;
- получение конструкторской и технологической документации на ПФ для изготовления ее в инструментальном производстве.

Среди статистически значимых специальных видов литья у нас и за рубежом традиционно называют [2]: литье центробежным способом, литье в оболочковую форму, литье по выплавляемым моделям, литье под давлением, литье в кокиль. Также используется литье непрерывное и полунепрерывное, под регулируемым давлением, вакуумным всасыванием, электрошлаковое. В настоящее время для ускорения подготовки производства и изготовления мелких и средних партий изделий широко применяются технологии быстрого прототипирования (*Rapid Prototyping*), позволяющие изготовить модели по данным, полученным в системе компьютерного моделирования. Используя

прототип можно получить литьевые формы (например, из силикона) [4].

На рынке программных продуктов сегодня существуют специализированные пакеты или модули проектирования пресс-форм в среде как 2D-систем, так и крупных CAD/CAM/CAE 3D-систем. Для работы с системами 3D проектирования ПФ необходимо быть знакомым как с процессом проектирования пресс-форм, так и с основными модулями моделирования и сборки конструкции в среде используемой системы. Для создания ПФ также используются модули, обеспечивающие проведение дополнительного анализа как самой конструкции ПФ, так и процесса литья.

Рассмотрим основные этапы создания ПФ и программные системы, позволяющие реализовать эти этапы:

- 1) получение моделей формообразующих деталей ПФ (матрицы и пуансона);
- 2) получение конструкции на ПФ;
- 3) проведение анализа конструкции ПФ;
- 4) получение документации на ПФ.

### 1. ОБЩИЙ ОБЗОР СИСТЕМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПФ

Системы проектирования ПФ могут быть разделены:

- по способу представления модели конструкции ПФ на плоскости и в объеме - 2D и 3D системы;
- по полноте охвата этапов процесса создания ПФ.

Наиболее известные 3D системы - SplitWorks (SolidWorks), MoldCreator (Autodesk), MoldBase 3D (Cimatron), MoldWorks (SolidWorks), Mold Tooling Design (CATIA), MoldWizard (Unigraphics) [1.2.5], Tool Design