

Новосибирская школа программирования

Академик Андрей Петрович Ершов

А.П.Ершов, имя которого носит Институт систем информатики СО РАН, сложился как ученый под влиянием идей автоматизации программирования, заложенных А.А.Ляпуновым. А.П.Ершов стал широко известен в нашей стране и за рубежом с первых шагов своей научной деятельности в ВЦ АН СССР. Его перу принадлежит первая советская монография по автоматизации программирования «Программирующая программа для БЭСМ АН СССР» (1958).



1. Академик А.П.Ершов (1931–1988 гг.).

В 1957 г. по предложению академика С.Л.Соболева А.П.Ершов стал создателем отдела программирования Института математики с Вычислительным центром Сибирского отделения АН СССР. Проекты отдела в области системного и теоретического программирования носили фундаментальный характер, явились вкладом в развитие теоретического программирования, в теорию схем программ, параллельное программирование, верификацию программ.

В Новосибирском Академгородке в 1962 г. А.П.Ершов защитил кандидатскую диссертацию, в 1967 г. – докторскую, в 1971 г. его избрали членом-корреспондентом АН СССР, в 1984 г. – действительным членом АН СССР.

Новосибирский коллектив программистов вырос в региональную школу системного и теоретического программирования. Его своеобразие заключалось в том, что все проекты выполнялись на оригинальной теоретико-методологической основе. Впервые в рамках школы апробировались научные методы организации коллективов программистов, общие принципы программирования как нового и своеобразного вида деятельности, была актуализирована технология программирования.

Научную деятельность А.П.Ершова характеризовало умение определить перспективные направления исследований, связанные с новыми возможностями использования ресурсов вычислительной техники как в академической практике, так и для широкого пользователя. А.П.Ершов ввел в научный оборот термин «информатика» в применении к фундаментальной

естественной науке, изучающей процессы обработки и передачи информации с помощью ЭВМ. Он обосновал фундаментальный характер информатики общенаучным значением понятия информации и процессов ее обработки, философски рассматривая универсальные процессы познания как процессы информационные. Он рассматривал информатику как науку, объединяющую разные стороны программирования, использования ЭВМ, методы их конструирования и разработки программного обеспечения.

Новосибирский коллектив программистов, выросший численно в 1970-е гг. за счет создания Конструкторского бюро системного программирования, а затем Новосибирского филиала ИТМиВТ АН СССР, постоянно расширял свою тематику в соответствии с требованиями как собственно научных исследований, так и потребностей народного хозяйства (смешанные вычисления, искусственный интеллект, проекты ЕС ЭВМ, ВЦКП, и др.). Талантливая молодежь со студенческой скамьи привлекалась в реальные проекты.



2. Участники Первой всесоюзной конференции "Технология программирования". Сидят (слева направо): М.Е. Неменман, Э.Х. Тыугу, Б.А. Бабаян, И.В. Поттосин, А.П. Ершов, Н.Н. Миренков, В.А. Евстигнеев, Я.М. Барздинь. Стоят: В.В. Липаев и И.В. Вельбицкий. Киев, 1979.

Благодаря своему авторитету и личным качествам, Ершов справедливо считался неформальным лидером программистского сообщества страны, занимая скромный пост заведующего отделом программирования ВЦ СО АН СССР. Многочисленные конференции, проводимые при его участии, становились незабываемыми событиями в научной жизни программистского сообщества. Возглавляемая им в 1979–1988 гг. Комиссия по системному математическому обеспечению АН СССР стала консолидирующим форумом программистов всей страны. Теория программирования школы А.П.Ершова занимала ведущие мировые позиции. Итоги его последнего детища – международного коллоквиума по смешанным вычислениям в Дании (1987 г.) – убедительно продемонстрировали этот приоритет.

А.П.Ершов приложил немало усилий для укрепления и развития формальных и неформальных отношений в научной среде. В 1963 г. он стал представителем СССР в Международной федерации по обработке информации (IFIP), членом ее Технического комитета ТК-2 по программированию и Рабочей группы 2.1 по языку Алгол. Сибирский ученый установил деловые и дружеские связи со многими теоретиками computer science: Дж.Маккарти, Дж.Шварцем, В.Турским, Э.Дейкстрой, Ф.Бауэром, Д.Кнудом, Д.Бьёрнером.

Свой международный авторитет А.П.Ершов использовал для создания библиотеки, в которой собирались наиболее значимые труды в области программирования. В настоящее время эта библиотека базируется в ИСИ СО РАН, носит статус мемориальной. Первым хранителем библиотеки стала Г.В. Курляндчик, в настоящее время – И.Ю. Павловская.

Для обслуживания библиотеки сотрудники Новосибирского филиала Института точной механики и вычислительной техники АН СССР А.В. Замулин и В.Г. Котельникова разработали информационно-поисковую автоматизированную систему «ВЕГА» для БЭСМ-6. ИПС «ВЕГА» позволила реализовать систему ИРИ (избирательное распространение информации по индивидуальным запросам специалистов), которая служила абонентам из ВЦ, НФ ИТМиВТ, Института математики, Института автоматики в Академгородке. Абонентами библиотеки ВЦ СО АН были также ученые из Киева, Минска, Иркутска, Красноярска, Москвы и Ленинграда. Через некоторое время в библиотеке появился персональный компьютер, а Я.М. Курляндчик создал для него новую систему «Библиотека». Он же модернизировал систему в связи с проблемой перехода на новую дату, 2000 г. «Библиотека» работает до сих пор, и является сама по себе уникальным программным продуктом. В 2018 году магистрантом механико-математического факультета НГУ С.Н. Трошковым под руководством д.ф.-м.н. А.Г. Марчука и программиста М.Я. Филипповой осуществлена миграция системы «Библиотека» на платформу Drupal.



3.Галина Владиленовна и Яков Михайлович Курляндчики.

А.П.Ершов стал идеологом образовательной информатики, сформулировал концепцию обучения программированию школьников, использования персональных компьютеров на всех уровнях образовательной вертикали. Он

сыграл определяющую роль в формировании и осуществлении национальной программы информатизации образования в 1984–1986 гг. Как университетский преподаватель он посвятил много времени своим студентам, как научный руководитель – аспирантам.

Вклад А.П.Ершова в теорию и практику программирования был высоко оценен на отечественном и мировом уровне. В 1974 г. ему присваивается звание Distinguished Fellow of the British Computer Society. Как активный организатор и участник Конгрессов IFIP-68 и IFIP-80 был награжден IFIP Silver Core. Он был отмечен наградами советского государства: орденами Трудового Красного Знамени (1967 г., 1975 г., 1988 г.), орденом «Знак Почета» (1981 г.). В 1984 г. стал лауреатом премии им. А.Н.Крылова за цикл работ «Теория и применение смешанных вычислений», в 1985 – лауреатом премии Совета министров СССР за создание и внедрение прогрессивной технологии автоматизированного проектирования программ для специализированных встраиваемых мини- и микроЭВМ и обеспечивающего ее комплекса настраиваемых инструментальных средств на базе универсальных ЭВМ.

В память выдающегося ученого, талантливого педагога, яркой личности в Институте систем информатики СО РАН проводятся Международные конференции «Перспективы систем информатики» (PSI), в день его рождения – 19 апреля – читаются мемориальные «Ершовские лекции по информатике», учреждена именная премия СО РАН для молодых ученых, ежегодно организуются Летние школы юных программистов.

Отдел программирования ВЦ СО АН СССР

Языки и системы программирования

Отдел программирования Института математики с Вычислительным центром СО АН СССР создан в 1957 г. Многие практические исследования в различных направлениях системного программирования коллектива базировались на методологическом принципе теоретических моделей.



4. Участники конференции социалистических стран по автоматическому программированию. Слева направо: А.П. Ершов, И.В. Потгосин, Г.И. Кожухин, Б.А. Загацкий, Ю.М. Волошин. Киев, 1963 г.

Первым проектом отдела программирования, получившим широкое признание, стала система «Альфа» – оптимизирующий транслятор с языка Альфа, являвшегося расширением Алгола 60, для ЭВМ М-20 (1957–1964 гг.). Альфа-транслятор был признан одним из лучших в своем классе и широко использовался для решения научных и технических задач не только в СО АН СССР, но и в других организациях. Развитием системы «Альфа» стали «Алгибр» (кросс-транслятор с Альфа-языка для ЭВМ БЭСМ-6) и «Альфа-71» – модифицированный вариант системы «Альфа» для ЭВМ М-220.

В 1970 г. силами студентов НГУ под руководством сотрудников ОП, затем с привлечением других отделов ВЦ СО АН началась разработка системы «Альфа-6» для ЭВМ БЭСМ-6. Система «Альфа-6» использовалась в научных центрах страны до тех пор, пока БЭСМ-6 не была демонтирована. В 1980-х Альфа-6 была популярной системой в Новосибирском Академгородке, на ней программировалось 85% всех задач.

В конце 1960-х гг. в ОП ВЦ СО АН СССР был разработан ряд языков и систем: Сигма – машинно-ориентированный язык, основанный на расширяемости и настраиваемости на объектный язык; язык программирования Эпсилон, ориентированный на решение задач обработки символьной информации. В 1967 г. появился Эпсилон-транслятор для ЭВМ типа М-220, затем полный Эпсилон-транслятор для БЭСМ-6, реализован язык Лисп (производственная версия Лисп-системы включала в себя русифицированную лексику, универсальную обработку свойств объектов и механизм перераспределения памяти с выгрузкой стека во внешнюю память). Лисп-система на БЭСМ-6 эксплуатировалась в ВЦ СО АН без особых изменений практически до смены элементной базы.

В 1971 г. стартовал проект «Бета». Предполагалось, что будет создана открытая транслирующая система с высоким уровнем глобальной оптимизации программ, охватывающая практически весь тогдашний класс императивных языков высокого уровня – от Фортрана до Алгола 68 – и ориентированная на получение программ для большинства существующих архитектур ЭВМ (изначально планировали реализовать три языка: Алгол 68, PL/1 и Симулу-67). Речь шла о создании мощной базовой системы трансляции, одноязыковые трансляторы в которой выглядели как частный случай, и в принципиальном отношении эта задача была решена. Были реализованы Симула-67, Паскаль, подмножество языка Ада и Модула-2.

Операционные системы



5. Шуточный плакат, висевший в машинном зале ВЦ СО АН СССР, подчеркивающий важность работ по проекту АИСТ. Новосибирск, 1968 г.

Новые возможности общения с ЭВМ, которые создают системы разделения времени, легли в основу работы по автоматическим информационным станциям (проект АИСТ). Данный проект объединял широкий круг исследований по архитектуре вычислительных комплексов, их программному обеспечению и моделированию вычислительных систем. В рамках этого проекта в результате совместной работы инженеров и программистов была создана первая в стране развитая система разделения времени АИСТ-0 на базе ЭВМ М-220 и «Минск-22». Ряд таких свойств системы, как разделение в процессорах комплекса управления и обработки, иерархичность строения программного обеспечения, выделение ядра операционной системы, естественное сочетание различных режимов общения и обработки, обеспечили хорошую эффективность и гибкость системы. Продолжением проекта АИСТ-0 стал АИСТ-1 – создание экспериментальной системы разделения времени на основе ЭВМ БЭСМ-6. Однако работы по этому проекту были приостановлены в начале 1970-х гг. в связи с появлением операционной системы «Диспак», в которой были воплощены в производственном варианте основные идеи разделения времени.

С 1976 г. в ВЦ СО АН СССР создавался Вычислительный центр коллективного пользования. Главная задача – объединение в единую сеть ЭВМ высокой производительности (таких как ЕС ЭВМ, БЭСМ-6, «Эльбрус») и малых машин типа М7000. Для ЭВМ М7000 были разработаны операционная система Дирак, язык МАСМ и сервисная система ЛИРА. В 1980 г. весь комплекс программного обеспечения для ЭВМ М7000 был сдан межведомственной комиссии и начал эксплуатироваться в ГПВЦ СО АН СССР.

Информационные системы и базы данных

В 1967 г. А.П.Ершов поставил перед своим аспирантом А.В. Замулиным задачу исследования возможностей информационного поиска в режиме

реального времени с обратной связью от пользователя к информационной системе. Этой инициативой было заложено новое направление работ отдела, продолжавшееся более 20 лет. В рамках системы разделения времени АИСТ-0 были созданы прикладная программа ИПС-0, задачей которой являлся поиск библиографической информации в диалоговом режиме, и прикладная программа «Информатор», задачей которой было снабжение пользователя информацией о компонентах системы АИСТ-0 и способах работы с ними. Надо отметить, что эта программа являлась прообразом современных help-программ.



б.А.В. Замулин (1943–2006), д.ф.-м.н., организатор конференций PSI.

Следующим проектом стала информационная система КАДР, первоначально реализованная в КБ СП в 1972 г. для нужд отдела кадров. Заложенные в ее основу элементарные возможности настройки позволили переориентировать ее на другое приложение и внедрить в областном Управлении внутренних дел. Полученный опыт позволил сформулировать общие принципы построения новой информационно-поисковой системы общего назначения «Вега», пригодной для широкого круга приложений и ориентированной на пользователя, не являющегося специалистом в программировании. А.В.Замулин предложил язык программирования баз данных БОЯЗ, предназначенный для построения конкретных информационных систем на основе универсальной системы программирования баз данных. В 1979 году в НФ ИТМиВТ была реализована система БОЯЗ-6 на ЭВМ БЭСМ-6. Она широко применялась в стране для построения конкретных информационных систем и баз данных. Язык БОЯЗ и система программирования баз данных БОЯЗ-6 были разработаны в ряду прочих первых инструментов программирования баз данных. В 1986 г. публикуется описание нового языка программирования баз данных Атлант, развивающего средства программирования БОЯЗа (в частности, воплощающего концепцию абстрактных типов данных), а в 1990 г. заканчивается реализация системы на ЭВМ СМ-4. Система не получила широкого распространения в связи с быстрой сменой аппаратной базы и появления на рынке большого количества коммерческих продуктов для ЭВМ новых поколений.

Искусственный интеллект

В начале 1960-х гг. стала актуальной проблема общения с ЭВМ на естественном языке, и постепенно искусственный интеллект занял заметное место в тематике исследований отдела программирования. В 1973 г. была организована научно-исследовательская группа, выросшая в лабораторию искусственного интеллекта под руководством А.С.Нариньяни. Она быстро завоевала заметные позиции в бурно развивающейся отечественной и международной проблематике искусственного интеллекта.



7.А.С. Нариньяни (1937-2010), к.ф.-м.н., один из ведущих российских специалистов в области искусственного интеллекта.

К началу 1980-х гг. А.С.Нариньяни разработал основы технологии недоопределенных моделей (ныне трактуемой как разновидность появившегося позднее программирования в ограничениях), которая вместе с семантически-ориентированным анализом естественного языка, методами обработки знаний на основе логического вывода и технологией построения интеллектуальных систем до сегодняшнего дня плодотворно питает тематику лаборатории искусственного интеллекта, теперь уже в ИСИ СОРАН.

В числе первых проектов лаборатории были:

- «Миша» – шагающий автомат с недетерминированным управлением, основанном на значительно опередившем свое время методе удовлетворения интервальных ограничений;

- «Рита» – экспериментальная система перевода словесного описания в рисунок;

- «Восток» – конструктор экспертных систем со встроенным специальным программным процессором для обработки информации, связанной со временем;

- Vimpr – система продукционного программирования с возможностью многовариантного анализа;

- «Запсиб» и InterBase – конструкторы эффективных лингвистических процессоров, основанные на семантически ориентированном анализе в рамках тематически замкнутой предметной области;

- «Сетл» – система программирования на основе теоретико-множественного языка, которая развивалась в рамках советско-американского проекта;

- «Стенд» – программная обстановка для конструирования интеллектуальных систем на основе интеграции виртуальных процессоров.

К началу работ по проекту «Старт» и в ходе его выполнения указанные направления и системы получили дальнейшее развитие и воплотились в системы нового поколения – «Уникальк», «НеМо+», «Семп», «Тао» и др., которые стали основными проектами Лаборатории ИИ ИСИ и Российского научно-исследовательского института искусственного интеллекта (РосНИИ ИИ), организованного А.С.Нариньяни в 1988–1991 гг.

Технологический комплекс конструирования расчетно-логических систем на основе недоопределенных моделей НеМо-ТеК (ТХК НеМо-ТеК) был создан В.Е.Дмитриевым и Д.М.Ушаковым под руководством В.В.Телермана и предназначен для технологической поддержки создания проблемно-ориентированных расчетных систем (вычислителей) на основе недоопределенных моделей. Объектно-ориентированная система программирования «НеМо+» (наследник НеМо-ТеК) в 1998 г. была отмечена Российской ассоциацией искусственного интеллекта как лучшая система года.

DI*GEN – оболочка для конструирования диагностических экспертных систем; создана группой разработчиков под руководством Т.М.Яхно. Она предназначалась для создания диагностических экспертных систем. В DI*GEN использовалась комбинация продукционного и объектно-ориентированного способов представления знаний.

Технологический комплекс для создания развитых систем обработки знаний Semp-Тес разработан под руководством Ю.А.Загорулько. Он предназначен для создания семантических процессоров – программных систем, обеспечивающих эффективное представление и обработку знаний на основе семантических сетей и систем продукций. Поддерживаемая Semp-Тес технология позволяет разрабатывать семантические процессоры, которые могут быть использованы в качестве интеллектуального ядра экспертных систем, логических баз данных и знаний, развитых САПР, систем управления технологическими процессами, тренажеров и др.

В дальнейшем комплекс Semp-Тес получил свое развитие в виде объектно-ориентированной программной среды Semp-ТАО, модель представления знаний которой, кроме классических средств представления и обработки знаний, включает методы программирования в ограничениях.

Теория программирования

Опыт трансляторных проектов привел к теории схем программ – как последовательных, так и параллельных. Работы по схемам программ концентрировались вокруг проблем эквивалентности и преобразований схем Ю.И.Янова. А.П.Ершовым и его учениками был найден общий критерий локальности правил преобразований схем Янова, доказана логическая независимость правил преобразования, построена полная система

преобразований с отношением тождества, доказана распознаваемость логико-термальной эквивалентности и пр.



8.Теоретики М.Б. Трахтенброт и В.А. Непомнящий

В рамках схем В.В.Мартынюка В.Н.Касьяновым были найдены критерии структурируемости программ и решена задача экономной регуляризации неструктурированных программ, разработаны методы базисных нумераций и быстрые алгоритмы анализа структурных свойств и декомпозиции программ. М.Б.Трахтенброт охарактеризовал выразительную силу наиболее употребляемых параллельных функций, что позволило дать положительный ответ на вопрос Д.Скотта о выразимости в $LCF + OR$ всех вычислимых монотонных функций. Для стандартных схем программ В.А.Непомнящий предложил новые классы с разрешимыми проблемами пустоты и тотальности. В.А.Непомнящий и Н.В.Шилов разработали схемный метод разрешения пропозициональных динамических логик.



9.В.А.Вальковский, Новосибирск, 2000.

В области теории параллельного программирования классические результаты принадлежат В.Е.Котову и А.С.Нариньяни: они предложили одну из первых моделей параллельных программ – недетерминированные

асинхронные автоматы. Этот подход был развит в применении к параллельным операторным схемам и схемам потоков данных В.А.Вальковским, Е.В.Тришиной и И.Б.Вирбицкайте.

Еще в 1972 г. д.т.н. А.А.Берсом была предложена оригинальная модель вычислений, основанная на графе потока данных, учитывающая разнообразие типов данных и снабженная макросредствами свертки графов. В.Е.Котов и Л.А.Черкасова предложили ряд алгебраических языков для описания и анализа параллельных недетерминированных процессов, базирующихся на сетях Петри. И.Б.Вирбицкайте и ее ученики разработали методы компаративной семантики различных модификаций и обобщений сетей Петри, а также алгоритмы верификации сетевых моделей реального времени с применением темпоральных логик и эквивалентностных преобразований.

В лаборатории теоретического программирования ИСИ была создана система анализа и симуляции сетевых моделей NetCalc. Это экспериментальный интегрированный программный комплекс для проектирования, анализа и симуляции сетевых моделей распределенных систем на основе сетей Петри и их разнообразных обобщений. Комплекс включает настраиваемый графический редактор иерархических сетевых структур, анализатор структурных и поведенческих свойств моделей, блок имитационного моделирования и отладки.



10. Наставники и ученики: Слева направо сидят: В.К. Сабельфельд, В.Е. Котов, А.П. Ершов; стоят: И.В. Поттосин, В.Н. Касьянов. Новосибирск, 1985 г.

Для коллектива, активно работающего в области трансляции, естественным было обратить внимание на теорию оптимизации программ и на применение этой теории для создания оптимизирующих трансляторов. А.П.Ершовым совместно с С.С.Лавровым были заложены основы современной теории экономии памяти. Был предложен ряд моделей программ, ориентированных на обоснование других оптимизирующих преобразований. И.В.Поттосин разработал модели линейных схем и

программ, позволяющие обосновывать преобразования, связанные с удалением и перестановкой операторов, и строить оптимальный алгоритм преобразования линейных участков. Эти результаты использовались при разработке системы «Бета».

В.Н.Касьяновым была предложена и более общая модель крупноблочных схем, объединяющая возможности линейных схем и преобразований, связанных с памятью, и позволяющая в рамках единой модели обосновывать весь класс оптимизаций системы «Бета». Разработанная В.Н.Касьяновым теория крупноблочных схем охватывает известные классы и модели оптимизации программ с их расширением на программы со структурами данных и действий. В работах В.Н.Касьянова сформулирован ряд общих концепций конструирования качественных программ посредством конкретизирующих преобразований, определяющих дальнейшее развитие трансформационного программирования как одного из основных методов доказательного программирования.

И.В.Поттосин и В.Н.Касьянов обосновали важную технологическую роль оптимизирующих преобразований при решении задач автоматизации программирования в целом. Инициированные и развернутые А.П.Ершовым работы в области смешанных вычислений вылились в широкий спектр исследований, покрывающих различные аспекты адаптации программ к конкретной обстановке их использования.



11. Иткин В.Э. (1943–1992)

В.Э.Иткин тщательно проработал философские и математические основы частичной обработки информации и совместно с А.П.Ершовым сформулировал базовые схемы смешанных вычислений для императивных программ: сквозную, пунктирную, поливариантную и т.д. М.А.Бульонков развил поливариантную схему смешанных вычислений, что позволило ему построить самоприменимый смешанный вычислитель и реализовать в 1985 г. известные проекции Футамуры.



12.В.П. Котляров и М.А. Бульонков – участники 7-ой Международной конференции «Перспективы систем информатики», Новосибирск, 2009 г.

Смешанные вычисления получили практическое применение в работах Б.Н.Островского по автоматической генерации языково-ориентированных синтаксических анализаторов. Серия экспериментов по созданию специализаторов для алголо-подобных языков, проведенная Д.В.Кочетовым и М.А.Бульонковым, завершилась созданием смешанного вычислителя M2Mix для языка Модула-2. Этот специализатор не только поддерживал язык в полном объеме, но и обладал высокими характеристиками как по эффективности генерации, так и по качеству остаточных программ. Теоретические результаты в области смешанных вычислений нашли практическое применение в проектах по разработке средств анализа и реинжиниринга программных систем, которые велись в ИСИ СО РАН совместно с ГП «Терком» (г. Санкт-Петербург) в 1995–2007 гг.

Системы автоматизации издательского дела

В процессе подготовки к печати русского перевода книги «Пересмотренное сообщения об Алголе-68», выполненного А.А.Берсом, выяснилось, что отечественные типографии совсем не готовы к изданию такого полиграфически сложного текста на двух языках с использованием шести гарнитур шрифта. Была осознана необходимость создания современной системы фотонабора.

Проект САПФИР (Система автоматизированной подготовки фотонаборных изданий, обеспечивающая редактирование) выполнялся в 1975–80 гг. совместно с Первой образцовой типографией им. А.А.Жданова. Впервые был предпринят подход к комплексной электронной подготовке изданий, предполагающий овеществление (набор) текста еще до редактирования, что принципиально расходилось со сложившейся мировой практикой, а также выдвинут принцип отделения собственно текста от его полиграфического оформления, реализованный через использование «невидимого» алфавита для разметки текста и для организации вызова специализированных подпрограмм. Система реализовывалась на ЕС ЭВМ с выходом на электронное фотонаборное устройство «Линотроник 500».

Проект РУБИН (редактирование, управление, база информации и набор) был совместным международным проектом издательства ЦК КПСС «Правда», ВЦ СО АН СССР, ИПМ АН СССР, польского завода «МЕРА-Блоне» и центра электроники ЦОБРЕСПУ в Варшаве; он осуществлялся в 1978–1989 гг. и постепенно угас в силу известных событий конца перестройки.



13.А.А. Берс (1934– 2013), д.т.н., главный инженер проекта по автоматизации издательского дела, Новосибирск, 1988г.

В состав системы РУБИН входили Центральный информационно-вычислительный комплекс, обеспечивающий работу ряда адаптивных баз данных и информационно-справочное обслуживание редакции газеты «Правда», и периферийная сеть рабочих мест сотрудников отделов и секретариата редакции, построенная на рабочих станциях «Мрамор». Система предусматривала охват всего технологического цикла редакционной и типографской подготовки двух выпусков номеров газеты ежедневно, включая передачу печатных форм в провинции по фототелеграфу. Ответственным исполнителем от ВЦ СО АН СССР был В. Г.Поляков. В 1987 г. была выпущена опытная серия из 21 рабочей станции «Мрамор», всего на 40 рабочих мест, подготовлен их серийный выпуск. Проект выполнялся под эгидой Совета экономической взаимопомощи и был прекращен после его распада. Научным руководителем этих проектов стал А.П.Ершов, главным конструктором – А.А.Берс.

Школьная информатика



14-1-2-3. Корифеи «школьной информатики»: Г.А. Звенигородский (1952–1984), Н.А. Юнерман (Гейн), Ю.А. Первин. Фото 1980-2020 гг.

Проблемы обучения программированию и, более широко, информатике в школе рассматривались А.П.Ершовым как реализация его тезиса «программирование – вторая грамотность». Сотрудники его лаборатории Г.А.Звенигородский, Ю.А.Первин, Н.А.Юнерман, стажеры и аспиранты инициировали Школы юных программистов, превратившиеся по сути во всесоюзный или даже международный клуб работы с детьми, увлеченными компьютерами.

Компьютерная графика, а также идеи учебных языков программирования легли в основу программ Школ юных программистов. Группа студентов и старшеклассников под руководством Г.А.Звенигородского создала систему «Шпага» для программирования прорисовки в понятных детям терминах и систему программирования «Школьница», в которую вошли язык начального обучения программированию Робик и более мощный учебно-производственный язык Рапира для первого школьного компьютера «Агат».



15.Л.В. Городняя, к.ф.-м.н. 2010г.

Первый учебник и методическое пособие для школьных учителей по предмету «Основы информатики и вычислительной техники» были подготовлены коллективом авторов под руководством А.П.Ершова и В.М.Монахова в 1985-1986 гг. Книги перевели на все языки союзных республик. По заказу Министерства просвещения СССР под руководством Л.В.Городней было разработано школьное программное обеспечение на базе КУВТ «Ямаха» и «Электроника» УКНЦ. В настоящее время работы по школьной информатике в ИСИ продолжаются группой образовательной информатики.

Вычислительные средства нового поколения

Проект МАРС

В 1975 г. в рамках Отделения информатики ВЦ СО АН СССР была создана лаборатория теории вычислительных процессов, которую возглавил В.Е.Котов. Проект МАРС (модульные асинхронные развиваемые системы) стал первой крупной работой коллектива. Концепция построения компьютеров следующих поколений была предложена в совместной работе

Г.И.Марчука и В.Е.Котова в 1978 г. В ней изложены и обоснованы существенные принципы организации вычислительного процесса: параллелизм обработки, доступа к данным и управления; децентрализация потоков обработки; асинхронность взаимодействия устройств и процессов; иерархичность, модульность и специализация компонентов. Проведенный анализ базировался на новых по тому времени моделях взаимодействия асинхронных процессов, а архитектура виделась как естественная реализация модели вычислений. На первом этапе в лаборатории велись исследования по разработке модели вычислений в виде языка параллельного программирования – Базового языка (в дальнейшем – язык Барс).

Разработка аппаратуры началась в 1981 г. после того, как Ю.Л.Вишневский и А.Г.Марчук предложили архитектуру параллельного процессора – мини-МАРСа, который позднее получил название МАРС-М. Разработку вел коллектив под руководством Ю.Л.Вишневского. Поскольку существовавшая в то время элементная база не могла удовлетворить перспективных потребностей по проекту, А.Г.Марчук занялся созданием средств проектирования сверхбольших интегральных схем в кооперации с микроэлектронной промышленностью.

Новый импульс проект МАРС получил в рамках Временного научно-технического коллектива «Старт», созданного ГКНТ СССР для опережающих исследований и разработок в области интеллектуальных компьютеров нового поколения.

Проект «Кронос»

«Кронос» – общее название семейства 32-разрядных процессоров, которые были предназначены для создания микро- и мини-ЭВМ. Архитектура процессоров «Кронос» ориентирована на поддержку языков программирования высокого уровня (Си, Модула-2, Паскаль, Оккам и т.п.), что позволяло реализовать новейшие концепции в области создания программного обеспечения и использования ЭВМ.



16. Участники Кронос-группы. Слева направо: Д. Н. Кузнецов, А.Е. Недоря, Е. В. Тарасов.

Семейство процессоров «Кронос» было разработано в рамках проекта МАРС исследовательской группой KRONOS (Kronos research group)

временного научно-технического коллектива. Ведущие разработчики – Д.Н.Кузнецов, А.Е.Недоря, Е.В.Тарасов, В.Э.Филиппов. Процессоры «Кронос» выпускались опытными партиями в основном для построения инструментальных машин, необходимых для создания и отладки ПО. Основное применение при мелкосерийном производстве рабочей станции «Кронос-2.6WS» нашли процессоры «Кронос 2.6». Первый образец этой рабочей станции был продемонстрирован на выставке «Наука-88» в Москве. Рабочие станции «Кронос-2.6WS» нашли применение как инструментальные ЭВМ на ряде предприятий оборонного комплекса СССР, в частности, использовались для создания бортового программного обеспечения для спутников в Научно-производственном объединении прикладной механики им. академика М.Ф.Решетнева (г. Красноярск-26).

В настоящее время образцы рабочей станции «Кронос-2.6WS» переданы в Музей науки в Лондоне (Великобритания), в Политехнический музей в Москве (в 2005 г. вместе с компьютером Lilith Н. Вирта), в музей СО РАН, в НГУ и в ИСИ СО РАН в Новосибирске.

Проект «Кремниевый компилятор»

Создание вычислительной техники нового поколения требовало разработки элементной базы. В то время (1983–1984 гг.) электронная промышленность нашей страны не имела средств проектирования, ориентированных на перспективу. Каждая новая разработка выливалась в дорогостоящий и длительный процесс. Идея проекта состояла в том, чтобы создать средства проектирования СБИС, синтезирующие геометрический чертеж и прочую нужную информацию, компилируя высокоуровневое описание проектируемого устройства. За рубежом такой подход называли кремниевой компиляцией.

Программная система кремниевой компиляции была создана и опробована на реальных задачах. В частности, часть проектирования одной из микросхем кроносовского набора СБИС была осуществлена с использованием разработанных программ.

Созданный кремниевый компилятор представлял собой согласованный набор процедур обработки (библиотеку программ), предназначенный, скорее, для экспериментов, чем для промышленного использования. Поэтому была проведена работа по формированию специализированных программных комплексов, ориентированных на определенные технологические и проектировочные маршруты. Эти программы были переданы отраслевым фирмам и использовались в киевском НПО «Микропроцессор», минских НПО «Интеграл» и НИИ ЭВМ, новосибирском НИИ «Восток».

Временный научно-технический коллектив «Старт»

В 1983 г. появилась информация об объявленном Японией национальном проекте создания компьютеров пятого поколения. В японском проекте акцентировалось значительное повышение «интеллектуальности»

создаваемых систем. Ответственный за национальную политику в области научно-технического прогресса Госкомитет по науке и технике СССР, возглавлявшийся в то время академиком Г.И.Марчуком, потребовал дать оценку японскому проекту и разработать собственную концепцию. Для этого была сформирована группа специалистов по архитектуре и программному обеспечению ЭВМ под руководством В.Е.Котова, в которую вошли А.С.Нариньяни, А.Г.Марчук и такие известные специалисты, как Э.Х.Тыгу (г. Таллинн), В.М.Брябрин (г. Москва) и др.

Была сформирована и опубликована (под грифом «секретно») концепция, во главу угла которой ставились архитектура МАРС и средства интеллектуализации, разработанные советскими специалистами. ГКНТ поддержал проект и предложил В.Е.Котову сформировать творческий коллектив, чтобы в короткие сроки (три года) совместно с промышленностью выдать образцы компьютеров нового поколения.

Временный научно-технический коллектив «Старт» приступил к работе 1 апреля 1985 г. Финансирование ВНТК составляло 12 млн рублей на три года плюс более миллиона долларов для закупки инструментальных компьютеров. Задание на разработку включало в себя ряд компьютеров, базовое программное обеспечение, инструментальные системы программирования и проектирования, а также различные средства интеллектуализации. В «Старт» полностью вошла разработка суперЭВМ МАРС-М. Остальные проекты создания аппаратуры развивались вокруг удачного процессора «Кронос».



17. Церемония передачи рабочей станции КРОНОС в Политехнический музей. Слева направо: А.Е. Недоря, Н. Вирт, В.Э. Филиппов. Москва, 2005 г.

В срок были созданы и опробованы параллельная система с транспьютероподобной организацией МАРС-Т, рабочая станция «Пирс» (эстонская разработка), рабочая станция «Кронос 2.6 WS», графический спецпроцессор на базе устройства «Гамма». Был создан богатый набор

программного обеспечения: операционная система Excelsior; компиляторы с языков программирования Модула-2, Оберон и Фортран; прикладная система проектирования СБИС с элементами кремниевой компиляции; ряд прикладных систем интеллектуализации, реализована система программирования на основе языка БАРС на ЭВМ последовательной архитектуры. В процессе реализации была разработана интегрированная инструментальная среда создания и документирования программ. Основные компоненты этой среды были успешно внедрены и эксплуатировались в Научно-исследовательском машиностроительном институте (г. Москва). Для большинства участников коллектива (более сотни разработчиков) этот период явился самым успешным в творческом плане, а в дальнейшем – и в личной деловой карьере.



18.Семинар ВНТК «Старт». Слева направо: С. Борде, А.С. Нариньяни, В.Е. Котов, Т. И. Лельчук, Е.Н. Веселов, Е.Ю. Кандрашина, С.Я. Гринберг, сидит Н.Н. Дудоров. Ивантевка, Московская обл., 1988 г.

Институт систем информатики им. А.П. Ершова СО РАН



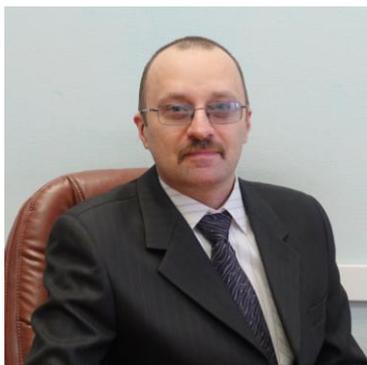
19-1-2-3-4. Директора ИСИ СО РАН: чл.-корр АН СССР/РАН В.Е. Котов (1990-1991), д.ф.-м.н. И.В. Поттосин (1991-1998), д.ф.-м.н. А.Г. Марчук (1998-2018), д.ф.-м.н. А.Ю. Пальянов (с 2018 г).

На базе ВНТК «Старт» в соответствии с распоряжениями Совета Министров СССР № 1970-р от 10.11.1989 г., Совета Министров

РСФСР № 1046-р от 21.11.1989 г. и постановлением Президиума СО АН СССР № 161 от 30.03.1990 г. был создан Институт систем информатики. Этим же постановлением директором Института был назначен д.ф.-м.н. В.Е.Котов, а также одобрены следующие научные направления деятельности института:

- теоретические основы программирования, параллельной обработки информации и искусственного интеллекта;
- архитектура и методы проектирования перспективных вычислительных машин, систем, комплексов;
- системное программное обеспечение перспективных вычислительных машин, программное обеспечение баз знаний и экспертных систем;
- разработка методологии эффективного использования сетевых информационно-вычислительных технологий.

В 1991 г., после отъезда В.Е.Котова в США, директором ИСИ стал д.ф.-м.н. И.В.Поттосин. В 1998-2018 гг. институтом руководил д.ф.-м.н. А.Г.Марчук. С 2018 г. его возглавляет д.ф.-м.н. А.Ю.Пальянов. В 1995 г. Институту систем информатики было присвоено имя академика А.П.Ершова (<https://www.iis.nsk.su/>).



19-5. А.В. Промский, к.ф.-м.н., заместитель директора ИСИ по науке.

В настоящее время в структуру ИСИ входят 9 лабораторий

- Лаборатория теории параллельных процессов (д.ф.-м.н. И.Б. Вирбицкайте)
- Лаборатория теоретического программирования (к.ф.-м.н. В.А. Непомнящий)
- Лаборатория информационных систем (д.ф.-м.н. А.Г. Марчук)
- Лаборатория искусственного интеллекта (к.ф.-м.н. Ю.А. Загорюлько)
- Лаборатория смешанных вычислений (к.ф.-м.н. М.А. Бульонков)
- Лаборатория системного программирования (к.т.н. Шелехов В.И.)
- Лаборатория конструирования и оптимизации программ (д.ф.-м.н. В.Н. Касьянов)
- Лаборатория моделирования сложных систем (к.ф.-м.н. Т. В. Батура)
- Лаборатория системной динамики (д.ф.-м.н. А.Ю. Пальянов)

На конец 2021 г. в штате ИСИ СО РАН состояло 108 сотрудников, из них 56 человек научного персонала, в том числе 6 докторов наук, 27 кандидатов наук.

Сотрудничество с ОАО «ИСС» им. М.Ф.Решетнева

В конце 1980-х гг. язык Модуля-2 был принят правительственным постановлением в качестве базового языка разработки программного обеспечения для бортовых систем. Тогда же под руководством И.В.Поттосина был запущен проект «Сократ», положивший начало сотрудничеству с Красноярским НПО прикладной механики им. М.Ф.Решетнева (ныне ОАО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф.Решетнёва, г. Железногорск) – основным российским производителем спутников и одним из ведущих предприятий космической отрасли.

Система «Сократ» – это экспериментальная разработка по созданию интегрированного набора инструментов для построения программного обеспечения повышенной степени эффективности и надежности. Она ориентирована на кросс-средства разработки ПО (в предположении, что архитектура целевой машины может быть изменена без существенной переработки системы) и предполагала включение в реальные технологии разработки ПО для встроенных ЭВМ методов обеспечения его эффективности и надежности. «Сократ» создавался как открытая, пополняемая система. Результаты и опыт, полученные в работе над проектом «Сократ», нашли применение в рамках дальнейшего сотрудничества ИСИ СО РАН и ОАО «ИСС», которое продолжается по сей день.



20. Сотрудники лаборатории системного программирования – участники проекта «Сократ». Сидят слева направо; В.В. Иванова, А.В. Замулин, Т.В. Степанова. Стоят слева направо: С.К. Черноножкин, А.Ф. Пар, В.И. Шелехов, А.А. Берс. 2005 г.

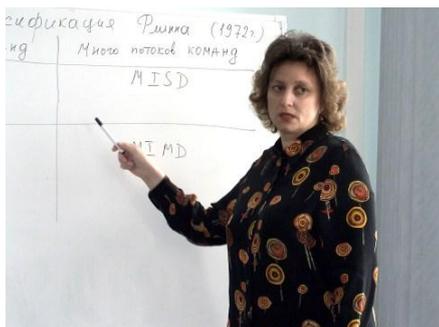
К 2002 г. по заказу НПО ПМ им. М.Ф.Решетнёва группой под руководством А.Д.Хапугина была полностью реализована кросс-система

программирования (КСП М2-1750) для новой целевой платформы БЦВМ ОВС-1750. Основной особенностью реализованной системы является «бесшовная» интеграция с системой программирования GNU C (GCC-1750 ver. 1.5.2 и ver. 1.4.1 фирмы XGC Software), достигнутая с помощью трансляции Модуля-2 программ в язык Си. Существенным требованием Заказчика было обеспечение возможности отладки на уровне исходных Модуля-2 текстов, несмотря на то, что объектный код отлаживаемой программы был получен цепочкой трансляции из Модуля-2 в Си, с последующем преобразованием в объектный код для целевой платформы.

Кросс-система содержит следующие компоненты: транслятор языка Модуля-2 в язык Си, отладчик, ISO Modula-2 библиотеки, систему измерений. Поставленная задача была успешно решена в полном объеме, а реализованная система программирования внедрена в промышленное производство.

По заказу ОАО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф.Решетнёва создана информационная система «Архив сопровождения программных проектов и документов». Она предназначена для создания и ведения электронного архива сопровождения программных проектов компонентов бортового программного обеспечения и архива сборок и выпусков БПО при разработке и долговременном сопровождении бортового программного обеспечения космических аппаратов, а также централизованного хранения и ведения всех документов контроля конфигурации БПО. Работы велись в рамках договора с ОАО ИСС им. М.Ф.Решетнёва и были успешно завершены в 2009 г., система принята и запущена в опытную эксплуатацию.

Теория параллельных процессов



21. Лекция д.ф.-м.н. И.Б. Вирбицкайте, 2000 г.

Д.ф.-м.н. И.Б.Вирбицкайте с сотрудниками возглавляемой ею Лаборатории продолжает работы в области фундаментальных проблем параллельной обработки информации. Основные направления научно-исследовательской деятельности лаборатории – теория параллельных систем и процессов, включая формальные модели параллелизма, спецификацию и верификацию параллельных систем и систем реального времени, автоматическое конструирование параллельных программ. И.Б.Вирбицкайте (самостоятельно и с соавторами) разработала и исследовала формализмы для

моделирования параллельных архитектур и программных конструкций с управлением потоков данных; предложила новый подход к разработке, исследованию и сравнительному анализу семантических, алгебраических и логических моделей параллельных процессов и процессов реального времени в дихотомиях «интерливинг/истинный параллелизм» и «линейное/ветвистое время»; решила проблемы распознавания некоторых эквивалентностей параллельных процессов реального времени; разработала и практически реализовала концепцию анализа корректности параллельных систем реального времени, представленных различными сетевыми моделями, с использованием аппарата темпоральных логик реального времени и временных эквивалентных отношений.

Вычисления на дискретных структурах



22. Д.ф.-м.н. В.Л. Селиванов, Отдел теоретического программирования. 2021 г.

Значимые научные результаты в ряде разделов теории вычислений на дискретных структурах: теории вычислимости (структуры вычислимых нумераций, позитивные структуры и булевы алгебры, индексные множества), теории сложности вычислений (обобщение теоремы Кадина о нетривиальности разностной иерархии над NP, решение проблемы Бласса-Гуревича о принципе редукции для NP и coNP), теории автоматов (полиномиальные алгоритмы разрешения классов разностных иерархий регулярных аперриодических языков) получены д.ф.-м.н. В.Л.Селивановым. Он был в числе нескольких специалистов, заложивших основы теории вычислений на непрерывных структурах (формулировка центрального для этого направления понятия вычислимого квазипольского пространства и развитие эффективной дескриптивной теории множеств в таких пространствах). Нашел применение вычислимых числовых полей к доказательству вычислимости (с любой гарантированной точностью) и оценок сложности практически важных спектральных задач и решений дифференциальных уравнений, выполнил работы по открытой им так называемой тонкой иерархии, варианты которой естественно возникают в ряде упомянутых областей, а также об автоматах на бесконечных словах.

Методы и программные средства декомпозиции сложных комбинаторных систем, моделируемых булевыми функциями



23. П.Г. Емельянов, к.ф.-м.н., с.н.с. лаборатории смешанных вычислений. 2015 г.

Декомпозиция сложных объектов/систем является важнейшим методологическим приемом математики. Выявление посредством декомпозиции компонент, составляющих систему, позволяет снизить сложность их анализа и преобразований, найти более компактные способы ее представления, эксплицировать ее внутреннюю структуру. Понимание сложности задачи декомпозиции систем демонстрирует алгоритмические перспективы исследования данных систем.

Для развития *микроэлектроники* важнейшее прикладное значение имеет задача декомпозиции булевых функций, лежащих в основе логических схем. Задача усложняется тем обстоятельством, что эти функции, могут специфицироваться в различных форматах. Оптимизация схемы состоит в отыскании представления булевых функций, удовлетворяющего тем или иным критериям: скорость срабатывания, компактность, энергоэффективность. Появление новых технологий создания компонентной базы электроники (например, на основе наноструктур) также требует появления новых методов оптимизации. Декомпозиция булевых функций – пример оптимизации, которая может быть использована для решения этих задач. Декомпозиция, примененная до шага минимизации, позволяет проводить более глубокую оптимизацию за счет минимизации компонент меньшего размера. Кроме того, декомпозиция позволяет эксплицировать скрытые функциональные модули, что важно при компонентном дизайне схем. Программирование в системах на основе ПЛИС/ППВМ является по сути отысканием декомпозиции с заданными свойствами. Эффективное тестирование относительно малых компонент, составляющих схему, вместо схемы целиком позволяет повысить надежность вычислительных систем и избежать возможных потерь.



24. Д. К. Пономарев, к.ф.-м.н., с.н.с. лаборатории информационных систем. 2015г.

Кандидатами наук П.Г. Емельяновым и Д.К. Пономаревым разработан полиномиальный алгоритм конъюнктивной декомпозиции на компоненты без общих переменных для булевых функций в форме ANF. На основе него был построен обобщенный алгоритм, настраиваемый на конкретную форму представления. На данный момент реализованы алгоритмы конъюнктивной и дизъюнктивной декомпозиции для функций, заданных в PDNF/PCNF (по сути, для таблиц истинности и их вариантов), posDNF/posCNF, ROBDD, OKFDD, AIG. Далее указанный алгоритм был обобщен на декомпозицию на компоненты с предписанными общими переменными, что является важным для реальных приложений случаем. Было обнаружено очень сильное оптимизирующее преобразование булевых функций: существуют функции, которые имеют от половины и более несущественных переменных (переменные, не влияющие на результат вычислений) и эти переменные могут быть вычислены эффективно. Еще одной областью применения рассмотренных алгоритмов декомпозиции является декомпозиция таблиц/деревьев

принятия решений, используемых системах поддержки принятия решений, в том числе в машинном обучении.

Применение теории графов в программировании

Современное состояние информатики и программирования невозможно представить себе без применения теоретико-графовых методов.



25-1-2. В.А. Евстигнеев (1940–2017), д.ф.-м.н., В.Н. Касьянов, д.ф.-м.н., специалисты в области теории графов.

Работы над энциклопедией по графам для программистов были начаты в конце 1980-х гг. В.Н.Касьяновым и В.А.Евстигнеевым. В основу построения энциклопедии авторы положили естественное разделение теоретико-графовых алгоритмов и методов, применяемых в программировании, на классы по типам графов, используемых в качестве модели. В отличие от Д.Кнута, использовавшего машинный уровень представления алгоритмов в своих фундаментальных книгах «Искусство программирования для ЭВМ», авторы энциклопедии ориентировались на высокоуровневое описание алгоритмов в терминах специально разработанного псевдоязыка (лексикона) программирования, содержащего традиционные конструкции математики и языков программирования высокого уровня. Подобный подход позволяет понять алгоритм на содержательном уровне, оценить пригодность его для решения конкретной задачи и осуществить модификацию алгоритма или его перенос на традиционные языки и ЭВМ, не снижая степень математической достоверности окончательного варианта программы.

Средства конструирования параллельных программ на базе языка Sisal

В рамках работ по созданию системы конструирования высококачественного переносимого программного обеспечения для параллельных вычислителей на недорогих персональных компьютерах разработан язык параллельного программирования Sisal 3.2 и компилятор с этого языка.



26. Е.В. Касьянова, к.ф.-м.н. 2010 г.

Язык Sisal 3.2 – это язык функционального программирования, который обладает неявным параллелизмом, гарантирует детерминированные результаты и содержит такие конструкции, как циклы и массивы. Язык Sisal 3.2 ориентирован на поддержку научных вычислений и представляет собой развитие языка Sisal 90 в сторону поддержки расширенных межмодульных взаимодействий, мультязыкового и объектно-ориентированного программирования, а также обеспечения возможностей предварительной обработки и аннотированного программирования. Для повышения уровня абстракции алгоритмов и возможности взаимодействия с другими языками программирования в язык Sisal 3.2 были введены новые концепции пользовательских типов с параметрами, обобщенных процедур и инородных типов.

Разработаны методы оптимизирующей компиляции для языка Sisal 3.2 и выполнена экспериментальная реализация оптимизирующего компилятора для платформы .NET. Разработана библиотека, содержащая систему классов C#, обеспечивающих поддержку периода исполнения для Sisal-программ.

Применение раскрашенных сетей Петри для анализа и верификации телекоммуникационных систем



27. И.В. Тарасюк, к.ф.-м.н., специалист в области параллельных вычислений.

Предложен метод трансляции стандартного языка спецификаций телекоммуникационных систем SDL в раскрашенные сети Петри.

Разработана и реализована программная система STSV (SDL Telecommunications Systems Verifier), которая включает транслятор из языка SDL в РСП и верификатор РСП, использующий метод проверки моделей. Система STSV применяется к исследованию известной проблемы взаимодействия функциональностей в телекоммуникационных системах.

Разработан и реализован экспериментальный программный комплекс SPV (SDL Protocol Verifier), предназначенный для моделирования, анализа и верификации коммуникационных протоколов, представленных на стандартном языке выполнимых спецификаций SDL. В качестве моделей коммуникационных протоколов используются стандартные раскрашенные сети Петри, а также модифицированные РСП, названные иерархическими временными типизированными сетями (ИВТ-сетями).

Ориентированный на верификацию язык программирования C-light



28. Сотрудники Лаборатории теоретического программирования Д.А. Кондратьев, к.ф.-м.н. Н.О. Гаранина и к.ф.-м.н. И.С. Ануреев. 2019 г.

Предложен ориентированный на верификацию язык C-light, который является представительным подмножеством языка C. Важные отличительные черты языка C-light – это детерминированная семантика выражений, ограниченное использование операторов switch и goto и применение операций new и delete языка C++ для работы с динамической памятью вместо библиотечных функций. Для верификации C-light программ применяется двухуровневый подход, включающий этапы трансляции языка C-light в его ядро – язык C-kernel – и генерации условий корректности с помощью аксиоматической семантики C-kernel. Описаны правила перевода из языка C-light в язык C-kernel и метод формального обоснования их корректности.

Онтологический подход к семантике языков программирования и дедуктивной верификации программ

Был предложен новый подход к формальной спецификации языков программирования и дедуктивной верификации программ, комбинирующий дедуктивный, операционный, аксиоматический, логический и онтологический подходы. В рамках подхода были введены новые виды семантик языков программирования – онтологическая семантика, онтологическая операционная семантика, логическая семантика и

онтологическая логическая семантика. Семантики, ориентированные на дедуктивную верификацию, такие, как семантика (логика) Хоара, и семантики преобразования предикатов (семантика сильнейшего постуловия, семантика слабейшего предусловия и т. д.) являются частными случаями логической семантики. Чтобы применить подход на практике были предложены новый вид систем переходов - атрибутные системы переходов и язык спецификации таких систем ASL, позволяющие описывать основанные на атрибутах легковесные онтологии и функции трансформации их содержимого. Подход был использован в инструментах разработки операционной семантики языков C/C++ и Java и дедуктивной верификации программ на этих языках.

Разработка web-портала знаний, обеспечивающего содержательный доступ к научным знаниям и информационным ресурсам заданной предметной области

Предложена концепция и разработана архитектура настраиваемого web-портала знаний, обеспечивающего содержательный доступ к систематизированным знаниям и информационным ресурсам заданной области знаний. Разработана информационная модель портала, основу которой составляет система онтологий, включающая онтологию научной деятельности, онтологию научного знания и онтологию конкретной научной дисциплины. Выполнены инсталляция web-портала знаний на сервере ИАЭТ СО РАН и его настройка на предметную область «Археология и этнография». С помощью данного инструмента был также разработан портал знаний по компьютерной лингвистике.

Построение многоязычных тезаурусов для информационных систем, основанных на онтологиях



29. Сотрудники Лаборатории искусственного интеллекта. Слева направо сидят: к.ф.-м.н. Ю.А. Загорюлько (зав. лаб.), к.ф.-м.н. Е.А. Сидорова, Г.Б. Загорюлько, С.В. Булгаков; стоят: Ю.В. Костов, А. Кравченко. Фото 2010 г.

Разработан подход к построению многоязычных тезаурусов для информационных систем, основанных на онтологиях. Разработана структура и методика построения тезауруса, согласно которой он строится как лингвистическое дополнение онтологии и включает термины проблемной и предметной области информационной системы (ИС), с помощью которых понятия онтологии представляются в текстах и пользовательских запросах. Специальные отношения, связывающие термины тезауруса с понятиями онтологии, поддерживают визуализацию представленной в ИС информации на разных языках, навигацию по ее контенту и формулирование запросов на удобном для пользователя языке. Выполнена реализация данного подхода в виде программной оболочки, базирующейся на онтологии. Подход опробован при разработке русско-английского тезауруса для портала знаний по компьютерной лингвистике.

Программный комплекс для извлечения предметной лексики и создания терминологических словарей KLAN v2

Разработан программный комплекс KLAN v2, предназначенный для автоматического анализа текстов и создания терминологических словарей. Комплекс обеспечивает морфологический анализ, поиск словосочетаний, статистический анализ лексики и построение конкордансов по корпусу текстов, редактирование словарей, настройку системы семантических признаков. Создаваемые с помощью комплекса словари предназначены для применения в информационно-поисковых системах и при автоматическом анализе текстов ограниченной предметной области.

Программный комплекс для моделирования и анализа аргументации в научно-популярных текстах ArgNetBank Studio

Совместно с учеными из ИФПР СО РАН и ИФЛ СО РАН разработан программный комплекс ArgNetBank Studio, предназначенный для поддержки анализа аргументации в научно-популярных текстах. Комплекс обеспечивает создание корпусов текстов, разметку текстов в виде сети аргументов на основе онтологии аргументации, поиск в них лексических индикаторов аргументации, вычисление убедительности аргументации, используемой в тексте, относительно заданной аудитории, экспорт и импорт размеченных текстов и корпусов. Создаваемые с помощью комплекса ресурсы могут применяться для автоматического поиска и оценки используемой автором текста аргументации, а также для автоматического извлечения информации из текстов.

Методология комплексной поддержки разработки интеллектуальных СППР

Создана методология комплексной поддержки разработки интеллектуальных СППР (ИСППР). Методология обеспечивает поддержку разработчиков на четырех уровнях – концептуальном, информационном, компонентном, методическом. Она предлагает для этого соответствующие средства, созданные впервые: онтологию области знаний «Поддержка принятия решений» (ППР), информационно-аналитический интернет-ресурс по ППР (ИАИР ППР), репозиторий методов ППР, реализованных в виде программных сервисов, а также новую методику разработки ИСППР. Методика использует технологии Semantic Web и технологию разработки ИАИР, ранее созданную в ИСИ СО РАН. Согласно методике, основным компонентом разрабатываемой ИСППР является тематический ИАИР моделируемой предметной области, который разрабатывается по той же технологии, что и ИАИР ППР, с использованием предлагаемой ею оболочки ресурса. База знаний ИСППР строится на основе онтологии её предметной области. Интерфейсные и функциональные возможности ИСППР реализуются с помощью подключаемых к ресурсу сервисов из репозитория методов ППР. Для поддержки данной методологии реализован программный комплекс «СПОРА+», который был успешно использован для разработки ряда ИСППР в технических областях (энергетика, теплофизика и др.) и в области медицинской диагностики.

Алгоритмы и программный комплекс для обработки данных, получаемых в процессе радиоактивного каротажа нефтяных скважин



30. Ф.А. Мурзин (1952–2021), к.ф.-м.н., заместитель директора по научной работе (2011–2021), заведующий лабораторией моделирования сложных систем.

В 2003–2004 гг. по заказу ОАО «Западно-Сибирская Корпорация «Тюменьпромгеофизика» был разработан и реализован ряд алгоритмов для обработки сигналов, возникающих при радиоактивном каротаже нефтяных скважин. Создан программный комплекс «Анализатор спектров» (Spectrum Analyzer), предоставляющий широкие возможности: загрузка, просмотр и обработка исходных амплитудных и временных спектров; расчет ряда аналитических параметров; вычисление концентраций естественных радионуклидов; экспорт результатов обработки в формате LAS, применяемом в геофизике. Алгоритмы и программный комплекс используются при эксплуатации нефтяных месторождений и конкурентоспособны с мировыми аналогами.

Исследование машинно-ориентированных логических методов отображения семантики текста на естественном языке



31. Т.В.Батура, к.ф.-м.н., и.о. зав. лабораторией моделирования сложных систем (с 2021 г.)

Проведена систематизация машинно-ориентированных логических методов, предназначенных для анализа текстов на естественном языке. Предложены новые методы сопоставления предикатов и формул узкого исчисления предикатов текстам на естественном языке. Рассмотрены возможности адаптации некоторых конструкций математической логики для изучения текстов на естественном языке. На этой основе дана новая трактовка понятию «смысл текста». Т.В.Батурой и Ф.М.Мурзиным предложены варианты применения этих методов к обработке лингвистической информации в системах памяти с параллельным доступом.

Алгоритмы и программный комплекс анализа и предсказания процессов функционирования регуляторной системы в клетке

Разработаны усовершенствованные алгоритмы и реализован набор программных продуктов для анализа и предсказания процессов функционирования регуляторной системы в клетке. Исследованы алгоритмы предсказания транскрипционных факторов на основе данных с микрочипов, данных по гомологии, фенотипических признаков и других биологических данных. Разработаны методы получения входных данных для этих алгоритмов из наиболее популярных генетических баз данных.

Системная динамика

В январе 2020 г в ИСИ образована новая лаборатория системной динамики под руководством д.ф.-м.н. А.Ю.Пальянова. Здесь формируется направление по изучению сложных систем, исследующее их поведение во времени и в зависимости от структуры элементов системы и взаимодействия между ними,

в том числе причинно-следственных связей, петель обратных связей, задержек реакции, влияния среды и других.

Нервные системы живых организмов, от простейших многоклеточных до человека - практически неиссякаемый источник новых научных знаний, в том числе о технологиях восприятия, хранения и анализа информации. Во многих отношениях (включая эффективность, компактность, устойчивость к ошибкам и повреждениям) они значительно превосходят те, которыми в настоящее время обладает человечество. Большие надежды в этой области возлагаются на исследования на стыке нейробиологии и информационных технологий.



32. А.Ю. Пальянов, к.ф.-м.н., участник Science Slam-2015.

Коллектив лаборатории использует современные методы информатики и программирования для создания систем компьютерного моделирования динамики процессов, происходящих в живых организмах и образующих их системах - главным образом в системах обработки информации и управления организмом (сенсорной, нервной и мышечной). Также моделируется виртуальное трехмерное окружение с действующими физическими законами, с которым виртуальный организм может взаимодействовать. Используется междисциплинарный подход из арсенала кибернетики, вычислительной нейробиологии, биофизики и молекулярной биологии.

Одним из основных направлений исследований является разработка и программная реализация реалистичных моделей биологических нейронных сетей живых организмов. Это необходимо для изучения фундаментальных принципов их работы, взаимосвязей между структурой и функциями таких сетей, а также представляется перспективным для создания искусственных когнитивных архитектур на их основе. Так, например, на основе разработанного ранее 3D симулятора “Sibernetic”, ориентированного на задачи биомеханики движения живых организмов в различных средах, создана его специализированная улучшенная версия “Sibernetic-VT”. При этом учтен опыт моделирования беспозвоночного организма *C. elegans* в рамках международного проекта OpenWorm.org. На базе “Sibernetic-VT” разработана 3D модель тела головастика *Xenopus* (“Virtual Tadpole”),

детально воспроизводящая форму, размеры, биофизические параметры и структуру организма. Погруженный в жидкость и управляемый иннервирующими мышцами сигналами, приходящими от модели нервной системы, виртуальный головастик продемонстрировал реалистичный характер плавания и скорость движения, близкую к реальной (Ferrario et al., 2021). Параллельные вычисления на GPU обеспечивают высокую производительность. Данная разработка является мощным инструментом для решения задач нейробиологии.

Система МИКС

В рамках системы МИКС (модульная информационно-картографическая система) получила развитие система автоматизации экономических исследований МИКС-ПРОСТОР, которая, по-существу, создавала окружение для решателя транспортной задачи. Решаемая на тот момент проблема состояла в том, что как описание входных данных, так и получаемый результат представляет собой весьма объёмные и сложно устроенные объекты. Система МИКС-ПРОСТОР, с одной стороны, предоставляет удобный пользовательский интерфейс для определения всех параметров транспортной сети, таких как топология, длина дорог, тарифы на провоз и обработку, объёмы производства и потребления конкретных продуктов в узлах и т.п, а с другой, - позволяют вывести результаты моделирования «прямо на карте», причём, по необходимости, выделить, отдельные аспекты, такие как загруженность дорог, перевозку отдельного продукта и т.п.



33. З.В. Апанович, к.ф.-м.н., лаборатория смешанных вычислений.2011 г.

После решения этой первоочередной задачи, поскольку проведение одного эксперимента сократилось и появилась возможность проводить их в большом количестве, появилась необходимость систематизировать проведённые эксперименты: хранить и сортировать по различным параметрам, входные и выходные данные, сравнивать результаты моделирования и т.п. Теперь, обеспечив достаточную автоматизацию для рутинной и чисто технической работы, мы вышли на новый уровень проблематики: понимаю того, что же пытается найти экспериментатор с помощью предоставленного инструментария и как в этом ему помочь.

Система позволяет эксперту выделить набор интересующих его входных параметров и для каждого из них задать диапазон возможных значений. После этого формируются тестовые наборы параметров равномерным или вероятностным методом, а далее для каждого тестового набора решается задача оптимизации, определяющая значения переменных. На основе собранной информации мы пытаемся дать ответы на содержательные вопросы эксперта. Так на рис.2 приводится диаграмма зависимости использования отрезка транспортного маршрута от сочетания варьируемых тарифов:

Методы анализа и визуализации данных большого объема

Проводились исследования кросс-языковой идентификации сущностей. Эксперименты на примере сотрудников ИСИ СО РАН показали, что ошибки идентификации авторов научных публикаций значительно снижают их рейтинг в таких базах данных как Scopus и Web of Science. Поэтому был разработан новый многокритериальный алгоритм установления авторов научных публикаций на основе сопоставления русскоязычной базы данных eLibrary и англоязычного сайта SpringerLink.com. Благодаря сопоставлению русскоязычного и англоязычного источников данных удалось повысить полноту обнаруживаемых данных, а за счет реализации нового алгоритма кластеризации авторов научных публикаций удалось повысить точность идентификации авторов. Также было показано, что сопоставление русскоязычных и англоязычных источников данных позволяет обнаруживать ошибки в источниках обоих типов.



34.Т.В. Нестеренко, лаборатория смешанных вычислений. 2019 г.

В связи с работами по кросс-языковой идентификации сущностей были исследованы возможности использования визуального сравнения текстов и метаданных научных публикаций. Написан обзор, посвященный тому, каким образом методы анализа больших коллекций научных публикаций связаны с методами визуализации этих коллекций. Рассмотрены такие методы анализа коллекций научных публикаций как вероятностные тематические модели, включая латентное размещение Дирихле, а также неотрицательное матричное разложение (Non-negative Matrix Factorization, NMF) и

предсказательные модели дистрибутивной семантики, такие как непрерывный Мешок Слов (Continuous Bag Of Words, CBOW) и Skip-gram. Показано, каким образом использование более эффективных методов анализа коллекций публикаций расширяет возможности визуализации, в частности обеспечивая интерактивные скорости работы с коллекциями большого объема, а также позволяя работать с несколькими взаимосвязанными представлениями коллекций на разных уровнях детализации.

Технология электронной исторической фактографии

В последнее десятилетие под руководством д.ф.-м.н. А.Г.Марчука разработаны принципы построения фактографических баз данных, ориентированных на фиксацию исторической информации. Построена онтология неспецифических данных, сформирована архитектура информационных систем архивной направленности, создана технология сбора и обработки архивных документов и данных, а также интерфейсов просмотра, навигации и поиска информации. Решены вопросы обработки исходных документов, надежного хранения их электронных образов. Созданы электронные архивные системы, такие как Электронный архив академика А.П.Ершова (<http://ershov.iis.nsk.su/>), Хроника Сибирского отделения РАН (<http://chronicle.iis.nsk.su/>), Исторический портал ММФ НГУ (<http://www.globalmmf.ru/>). Выполнен ретроспективный анализ опыта инновационных проектов по системной информатике и программированию. Создан электронный фотоархив Сибирского отделения РАН (<http://soran1957.ru/>), Открытый архив СО РАН (<http://odasib.ru/>).



35. И.Ю. Павловская, участница проекта «Открыты архивы СО РАН», в гостях у Н.А. Ляпуновой и Ю.Ф. Богданова.

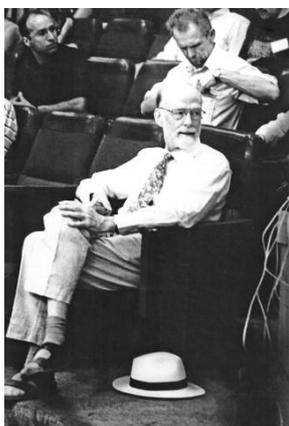
Работа над электронным архивом чл.-корр. АН СССР А.А. Ляпунова (1911-1973). Москва, 2016 г.

Разработана и используется архивная система, построенная на фактографических принципах. Особенности системы являются распределенная база данных, реализованная в виде документов RDF,

специальные средства поддержки распределенного редактирования и динамической синхронизации; использование формальных спецификаций схемы данных и ряда свойств данных через описания OWL, что обеспечивает сменность или расширяемость системы структуризации и наборов метаинформационных полей. Предложена и реализована технология кассет, группирующих документные массивы и обеспечивающая экономный доступ к документам, перемещаемость опубликованных документов и общую схему публикации и архивации документов и базы данных; имеется совместимость с базами данных класса Semantic Web, реализованными средствами RDF и OWL. Получена возможность организации синхронизации с базами данных, реализованными средствами реляционных таблиц. Архивная система создана как модульная открытая система с возможностью гибкого конфигурирования и настроек на потребности групп пользователей. Компоненты, объединяющие такой подход, – это ядро системы и базовая онтология.

В целом, объектами исследований и разработок в ИСИ СО РАН являются: задачи теории информации; алгоритмы обработки текстов на естественном языке; алгоритмы обработки генетической информации; алгоритмы и протоколы для распределенных децентрализованных систем хранения и обработки данных; методы исследования информационных и молекулярно-генетических механизмов функционирования сетей нейронов; методы анализа и визуализации данных большого объема и др. Целью данной работы является разработка новых, совершенствование имеющихся алгоритмов и создание соответствующего наукоемкого программного обеспечения для моделирования сложных систем. Подробнее с исследованиями ИСИ СО РАН можно познакомиться на сайте Института в разделе «Годовые отчеты» https://www.iis.nsk.su/institute/annual_report

Международное сотрудничество. Международная конференция «Перспективы систем информатики» (PSI)



36. Сэр Ч.Э.Р. Хоар – участник Международной конференции PSI'03.

С 1990 г. Институт систем информатики регулярно проводит международные конференции «Перспективы систем информатики», посвященные памяти академика А.П.Ершова. В ней принимают участие

десятки ученых из дальнего зарубежья. Труды конференции публикуются в издательстве Springer в серии Lectures Notes in Computer Science. Институт имеет широкие международные связи с научными организациями и компаниями, работающими в области информационных технологий: Microsoft Research, IBM, Google, Samsung и др. Сотрудники Института регулярно выезжают за рубеж для участия в международных конференциях и для работы в совместных проектах. Семь сотрудников Института являются членами различных международных научных организаций.

Подготовка кадров высшей квалификации



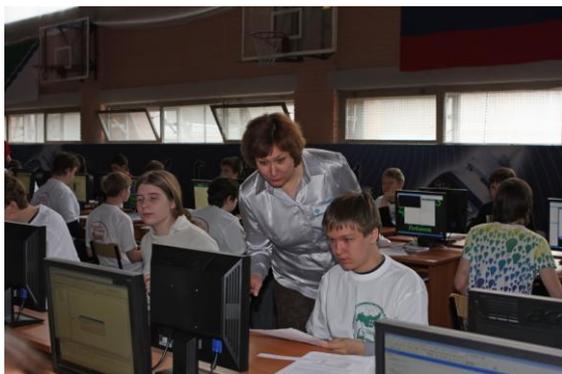
37. К.ф.-м.н. Н.В. Шилов проводит семинар для студентов ММФ НГУ. 2010 г.

Институт осуществляет подготовку научных кадров высшей квалификации в аспирантуре и предоставляет возможность соискательства. В Институте действует Объединенный диссертационный совет по защите докторских и кандидатских диссертаций по специальности Д 999.082.03 05.13.11 – «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей» (физико-математические науки); 05.13.17 – «Теоретические основы информатики» (физико-математические науки)). Институт является базовым для кафедры программирования и кафедры вычислительных систем механико-математического факультета и факультета информационных технологий Новосибирского госуниверситета. Сотрудники Института читают 18 основных курсов, более 20 спецкурсов, а также ведут более 10 спецсеминаров на ММФ НГУ. Примерно столько же спецкурсов и спецсеминаров сотрудники ИСИ СО РАН читают и проводят на факультете информационных технологий НГУ. Ежегодно в научных лабораториях института проходят научную и производственную практику более 100 студентов 4–6 курсов ММФ и ФИТ НГУ. Студенты участвуют в научных проектах, повышают квалификацию на общеинститутском семинаре «Интеллектуальные системы и системное программирование».

Олимпиадная работа

Сотрудники ИСИ активно участвуют в организации и проведении олимпиад по программированию различного уровня: это и олимпиады для

младших школьников по языку LOGO, школьные городские, областные и всероссийские олимпиады по программированию.



38. Т.И. Тихонова на Всероссийской школьной олимпиаде по программированию, организованной на базе НГУ в 2009 г.

С 2000 г совместно с Новосибирским государственным университетом проводится Открытая Всесибирская студенческая олимпиада по программированию имени И.В.Поттосина. Основные ее цели – повышение качества подготовки студентов в области информационных технологий, развитие знаний и умений по ключевым направлениям профессиональной деятельности, повышение качества набора в вузы благодаря участию в олимпиаде особо одаренных школьников.

Олимпиада является командной, в ней принимают участие студенты не только российских вузов, но и стран ближнего зарубежья. Она проводится в два тура: Интернет-тур и очный тур. Интернет-тур проводится по традиционным правилам международного студенческого чемпионата ACM (Association for Computing Machinery). Как правило, на сайте Олимпиады регистрируются более двухсот команд. Для участия в очном туре приглашаются победители Интернет-тура: от 50 до 60 команд из вузов России и ближнего зарубежья, из них около 50% – команды вузов Сибири и Дальнего Востока. Полная информация, в т.ч. задачи, тесты, решения жюри, рейтинг команд по шести проведенным олимпиадам, доступна на сайте Олимпиады <http://olimpic.nsu.ru/>.



39. Команда НГУ, участвовавшая в международной студенческой олимпиаде по программированию АСМ-2005 в Шанхае. Слева направо: А. Блинов, В. Токарев, С. Дятлов, сотрудница ИСИ СО РАН, доцент НГУ, тренер олимпиадных команд НГУ
к.ф.-м.н. Т.Г. Чурина. 2005 г.

Участие во Всесибирской олимпиаде по программированию им. И.В.Поттосина является хорошей репетицией к международному командному чемпионату АСМ ICPC, в котором российские студенты участвуют с 1993 г. Команда программистов НГУ участвует в этих состязаниях с 2000 г. Под руководством тренеров, сотрудников ИСИ СО РАН и НГУ, Т.Г.Чуриной, Т.В.Нестеренко и Е.Н.Боженковой она регулярно выходит в финал олимпиады, а в 2007 г. в Японии завоевала серебряные медали.

Летняя школа юных программистов им. А.П.Ершова



40. Летняя школа юных программистов, Новосибирск, 2009 г.

В течение многих лет ИСИ СО РАН ежегодно проводит Летнюю школу юных программистов. Завуч ЛШЮП – Т.И. Тихонова. Основными задачами школы являются профориентация талантливых старшеклассников, заинтересованных в овладении профессиональным программированием, обучение учеников среднего звена навыкам коллективной работы с применением современных информационных технологий, содействие развитию способностей к практическому программированию у учащихся младших классов, а также поддержка педагогов, преподающих информатику и программирование в общеобразовательной системе.

Ученики знакомятся с программированием как с производственной деятельностью, с его проблематикой, методологией, творческими и технологическими аспектами. Понятиями и объектами изучения являлись программный продукт, технологический процесс разработки, грамотная постановка задачи и ее формализация, рациональное распределение и планирование работ, отладка, оформление, документирование, отчет.

Для отработки этих понятий учебный процесс в Летней школе организован в форме различных учебно-производственных мастерских, в которых школьники получают знания и навыки в процессе коллективной работы над единым проектом. Главная цель работы в мастерской – это выполнение полного технологического цикла в рамках поставленной задачи с обязательным отчетом о проделанной работе.

Разнообразие проектов в Летней школе обеспечивает многопрофильность и разноуровневость учебного процесса с целью более адекватной его настройки на индивидуальные наклонности, интересы и способности учащихся.

Заключение

Научная школа программирования А.П.Ершова, которая сложилась как исследовательская в 1960-е гг., в 1990-е гг. получила свое институциональное продолжение в стенах Института систем информатики СО РАН и на факультетах НГУ, механико-математическом и информационных технологий. Здесь развиваются и реализуются на практике теоретические исследования по проблематике, заданной А.П.Ершовым и его коллегами И.В.Поттосиным, Г.И.Кожухиным, В.Э.Иткиным, М.М.Бежановой, Г.А.Звенигородским и др. В 1990-х гг. научная школа А.П.Ершова, как и вся российская наука, испытала негативное влияние деструктивных социально-экономических процессов, но сохранила свой научный и исследовательский потенциал, который реализуется в новом тысячелетии в условиях сложных взаимоотношений власти и науки. Основа деятельности новосибирской школы программирования – технологическая и методологическая культура системного проектирования, конструирования и развития программ, что выходит далеко за рамки владения конкретными инструментами кодирования и является признаком, проявляющимся за ее академическими рамками. Новосибирская школа программирования ориентирована не только на высокие научные результаты в области теории программирования. Гражданская позиция ученых выражается в их активной поддержке социально-значимых проектов в области образования и информатизации гуманитарной сферы науки.

Труды сотрудников ИСИ

- Батура Т. В., Бакиева А.М. Методы и системы автоматического реферирования текстов: монография; Ин-т систем информатики им. А. П. Ершова СО РАН. Новосибирск: ИПЦ НГУ, 2019. 110 с.
- Бульонков М.А., Нестеренко Т.В. Автоматизация исследований развития опорной транспортной сети// Вестник СибГУТИ. 2019. №3. С. 45–54.
- Городняя Л.В. Парадигмы программирования: анализ и сравнение. Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т систем информатики им. А.П. Ершова. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2017.
- Евстигнеев В.А., Касьянов В.Н. Русско-английский и англо-русский словарь по графам в информатике. Новосибирск, 2011. 220 с.

- Емельянов П.Г., Кришна М., Кулкарни В., др. Факторизация булевых полиномов: параллельные алгоритмы и экспериментальная оценка// Программирование. 2021, №2. С. 15–27.
- Загорулько, Ю. А., Загорулько, Г. Б. Инженерия знаний: учеб. пособие. Новосибирск: РИЦ НГУ, 2016. 93 с.
- Марчук А.Г., Трошков С.Н. Некоторые эксперименты по построению и анализу графа де Брёйна // Системная информатика. 2020. № 16. С. 47-56.
- Непомнящий В.А., Бодин Е.В., Веретенов С.О. Анализ и верификация SDL-спецификаций распределенных систем с помощью языка DENEMICS-REAL// Вестник Томского государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика. 2020. № 53. С. 118-126.
- Рар А.Ф. Стандарт языка Модула-2. Пособие для изучения Электронная версия, с исправлениями и уточнениями. Новосибирск 2002.
- Тарасюк И.В. Эквивалентности для поведенческого анализа параллельных и распределенных вычислительных систем. Академическое изд-во "Гео", под ред. д.ф.-м.н. В.Н. Касьянова Новосибирск 2007.
- Шелехов В.И. Методы трансформации и дедуктивной верификации программы инвертирования списков // Программная инженерия. 2021. Т. 12. № 3. С. 127-139.
- Apanovich Z., Marchuk A. Experiments on Russian-English identity resolution Proceedings of the ICADL-2015 Conference Seoul, South Korea, 9-13 December 2015 Springer International Publishing Switzerland 2015 R.B. Allen et al. (Eds.): ICADL 2015, LNCS 9469, pp. 12–21, 2015.
- Kasyanov V.N., Kasyanova E.V., Kondratyev D.A. Formal Verification of Cloud Sisal Programs // Journal of Physics: Conference Series. 4. Сер. "Applied Physics, Simulation and Computing, APSAC 2020" 2020. Pp. 012-020.
- Kharin S.N. Mathematical models of phenomena in electrical contacts: Monograph . / A.P. Ershov Institute of Informatics system, Siberian Branch of RAS, 2017. 193 p.
- Kondratyev D.A., Promsky A.V. Towards Verification of Scientific and Engineering Programs. The CPPS Project // Computational Technologies. 2020. Т. 25. № 5. Pp. 91-106.
- Kononenko I., Sidorova E., Akhmadeeva I. The Study of Argumentative Relations in Popular Science Discourse // Lecture Notes in Computer Science. 2020. Т. 12412 LNAI. Pp. 309-324.
- Korovina M., Kudinov O. Computable Elements and Functions in Effectively Enumerable Topological Spaces. Journal of Mathematical Structures in Computer Science, Cambridge University Press, pp. 1-27. 2016.
- Nasibulov E.A., Ivanov K.L., Sagdeev R.Z. Theoretical Treatment of Pulsed DNP Experiments: Effects of Spectral Exchange // Applied Magnetic Resonance. 2019. Т. 50. № 10. Pp. 1233-1240.
- Palyanov A., Khayrulin S., Larson S.D. Application of smoothed particle hydrodynamics to modeling mechanisms of biological tissue // Advances in Engineering Software. 2016; 98:1-11.
- Ponomaryov D. A Polynomial Time Delta-Decomposition Algorithm for Positive DNFS // Lecture Notes in Computer Science. 2019. Т. 11532 LNCS. Pp. 325-336.
- Selivanov V. Effective Wadge hierarchy in computable quasi-Polish spaces, Siberian Electronic Mathematical Reports, v. 18, No 1, pp. 121-135 (2021).
- Taubayev G., Abdikerimova G.B., Bychkov A.L., Ryabchikova E.I., Murzin F.A., Russkikh N.E., Khairulin S.S. Machine Learning Algorithms and Classification of Textures // Journal of Theoretical and Applied Information Technology. 2020. Т. 98. № 23. С. 3854-3866.
- Virbitskaite, I., Bushin D. Comparing Semantics under Strong Timing of Petri Nets. LNCS, Vol. 9136, 2015, pp. 376-384.

- Андрей Петрович Ершов – ученый и человек / Отв. ред. А.Г. Марчук; сост. М.А. Булькоков, [др.]. Новосибирск, 2006. 504 с. (Наука Сибири в лицах) Андрей Петрович Ершов. Материалы к библиографии сибирских ученых. Новосибирск, 2009.
- Электронный архив академика А.П. Ершова <http://ershov-arc.iis.nsk.su/>
- Крайнева И.А., Черемных Н.А. Путь программиста. Новосибирск: Нонпарель. 2011. 222 с.