



## СЕРПІЄНКО

**Іван Васильович** — академік НАН України, доктор фізико-математичних наук, професор, директор Інституту кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України

## СУЧАСНА ІНФОРМАТИКА: ДОСЯГНЕННЯ І ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ

### До 60-річчя заснування Інституту кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України

*У грудні 2017 р. виповнюється 60 років з часу заснування Інституту кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України — широко відомого як в Україні, так і за її межами наукового центру з розроблення фундаментальних і прикладних проблем інформатики та обчислювальної техніки, впровадження методів і засобів інформатики у різні сфери людської діяльності. У статті висвітлено основні етапи історії Інституту, становлення і розвитку його основних наукових напрямів, окреслено найвагоміші наукові здобутки за весь період діяльності установи. Особливу увагу приділено перспективам подальшого розвитку інформатики у світі.*

Розвиток інформаційного суспільства в Україні — це безальтернативний шлях її входження до числа розвинених країн світу, до побудови високотехнологічної цифрової економіки. Інформатику розглядають передусім як науку про створення інформаційних технологій з використанням методів кібернетики (науки про закономірності керування), методів прикладної математики та математичного моделювання, системного аналізу, методів оптимізації та побудови інформаційно-комунікаційного середовища. Вочевидь, без методів та інструментарію інформатики неможливо досягти успіхів у більшості сфер людської діяльності. Саме світоглядний характер кібернетичних підходів дав змогу по-новому підійти до розв'язання важливих проблем в економіці, науці, суспільному житті і знайти для них ефективні рішення.

У грудні 2017 р. виповнюється 60 років від дня заснування з ініціативи академіка Віктора Михайловича Глушкова Інституту кібернетики НАН України, якому з 1982 р. присвоєно його ім'я. Саме тут у співдружності з іншими установами НАН України та провідними навчальними закладами України створено наукову основу і технічну базу для розвитку сучасної інформатики.



Засновник і перший директор Інституту кібернетики академік Віктор Михайлович Глушков (1923–1982)

Історія Інституту кібернетики починається з 1957 р., коли на базі лабораторії обчислювальної математики та техніки Інституту математики АН УРСР було створено Обчислювальний центр АН УРСР, перетворений у 1962 р. на Інститут кібернетики АН УРСР. Саме у цій лабораторії в 1950 р. під час перебування її у складі Інституту електротехніки АН УРСР під керівництвом академіка С.О. Лебедева було створено першу в СРСР і континентальній Європі Малу електронну обчислювальну машину — МЭСМ. Після переїзду С.О. Лебедева до Москви лабораторію було переведено з Інституту електротехніки до Інституту математики АН УРСР, який тоді очолював засновник і керівник відомої в усьому світі української школи з теорії ймовірностей академік Б.В. Гнеденко. Саме він запросив на роботу В.М. Глушкова і доручив йому очолити лабораторію обчислювальної техніки, тематика якої поступово розширювалася. Під керівництвом В.М. Глушкова розпочалися роботи, спрямовані на створення нових зразків обчислювальної техніки.

З перших років діяльності в Інституті кібернетики проводили глибокі теоретичні дослідження в галузі теорії оптимізації, абстрактної та прикладної теорії автоматів, теорії дискретних перетворювачів, теорії штучного інтелекту, теорії програмування. Методи та засоби кібернетики було поширено на такі науки, як економіка, біологія, медицина, та на дослідження складних систем. Тим самим було закладено

підвалини економічної, біологічної, технічної кібернетики, розроблено ефективні підходи до моделювання та розв'язання складних багатовимірних задач.

Поряд з фундаментальними дослідженнями важливе місце в тематиці Інституту було відведено прикладним роботам. З метою прискорення практичної реалізації розробок Інституту у 1963 р. було створено Спеціальне конструкторське бюро математичних машин і систем з експериментальним заводом, а у 1980 р. — Спеціальне конструкторсько-технологічне бюро програмного забезпечення, які успішно сприяли втіленню в життя досягнень Інституту.

У 1958 р. академік В.М. Глушков запропонував ідею та основні принципи архітектури універсальної керуючої машини: високонадійний захист програм і даних, невелика розрядність машинного слова і універсальний пристрій зв'язку з об'єктом. Ідею було реалізовано в керуючій машині широкого призначення (КМШП) за рекордно короткий термін — три роки. Ідеї В.М. Глушкова мали визначальний вплив на подальший розвиток керуючих комп'ютерів і були реалізовані як у КМШП, названій пізніше «Дніпро», так і в подальших розробках інших керуючих машин, зокрема ЕОМ «Київ». У США запуск у виробництво першої керуючої машини відбувся в 1961 р., одночасно з машиною «Дніпро», що поклало початок розвитку промислового виробництва керуючих машин. Наприкінці 60-х років 30% парку ЕОМ у СРСР становили машини, створені за розробками Інституту.

Наприкінці 50-х років ХХ ст. після створення послідовниками та учнями С.О. Лебедева високопродуктивної обчислювальної машини «Київ» виникла нагальна потреба у теорії програмування обчислювальних машин. До її розроблення були залучені математики, які запропонували першу в колишньому Радянському Союзі алгоритмічну мову програмування — мову адресного програмування (В.С. Королюк і К.Л. Ющенко). Інноваційна ідея, яка потім використовувалася в багатьох мовах програмування, полягала в уведенні в мову поняття

«адреса другого рангу», що ввійшло до сучасних мов програмування як конструкції pointer (посилання на адресу пам'яті).

У 1961 р. було видано монографію В.М. Глушкова «Синтез цифрових автоматів», і головним результатом цієї роботи стало створення методики синтезу цифрових автоматів і розроблення формального математичного апарату. Одним із практичних результатів світового рівня із застосування теорії автоматів стала створена в Інституті кібернетики мала обчислювальна машина МІР (машина для інженерних розрахунків) — перший у світі прототип сучасних персональних комп'ютерів. У машинах серії МІР було реалізовано принципово нові ідеї організації обчислювального процесу та їх архітектури, які потім широко використовувалися практично в усіх вітчизняних і зарубіжних ЕОМ. При цьому розуміння апаратури машини мови високого рівня розглядалося як шлях до підвищення внутрішнього інтелекту обчислювальної машини.

Мова АНАЛІТИК для комп'ютерів МІР була однією з перших у світі мов комп'ютерної алгебри. Крім розвинутого апарату маніпулювання символічною інформацією, в ній уперше було застосовано перетворення алгебраїчних виразів за допомогою системи переписувальних правил, що включала всі основні функції математичного аналізу. Мова АНАЛІТИК була відомою в зарубіжному науковому співтоваристві і мала визначальний вплив на подальший розвиток засобів комп'ютерної алгебри.

Ще одним надбанням світового рівня, реалізованим у сімействі МІР, стала довільна розрядність обчислень, яка могла декларуватися в довільних місцях програм. Це на десятиліття випередило застосування багаторозрядної арифметики в зарубіжних комп'ютерах.

У рамках досліджень зі створення ЕОМ з високим рівнем вхідних і внутрішніх мов уже в 1960-ті роки було закладено підвалини для створення та впровадження у виробництво міні-ЕОМ для наукових розрахунків «Промінь» і сімейства машин МІР, які заклали фундамент для становлення в країні індустрії малих ЕОМ.



Мала обчислювальна машина МІР-1

Постійна робота над новими принципами побудови великих ЕОМ привела до започаткування в 1966 р. технічного проекту великої обчислювальної машини «Україна». Цей проект так і не вдалося реалізувати у повному обсязі, але в ньому було закладено багато ідей, які передбачали те, що в подальшому використали в американських ЕОМ 1970-х років.

Завдяки запропонованим і розвиненим концепціям машин ненеїманівського типу було створено і у 1987 р. передано у серійне виробництво перший у світі макроконвеєрний багатопроцесорний обчислювальний комплекс ЄС-1766 з розподіленою пам'яттю і високою ефективністю розпаралелювання процесів розв'язування задач. Зокрема, на ЄС-1766 було розв'язано задачі дослідження на міцність літака в цілому, чисельного моделювання ядерного вибуху, дослідження взаємодії атмосфери та океану. Одночасно започатковано новий напрям робіт Інституту в галузі програмування — розроблення теорії та програмного забезпечення паралельних обчислень. Запропонований макроконвеєрний принцип організації обчислювальних процесів паралельних ЕОМ і розгорнуті теоретичні дослідження відповідних моделей та структур даних паралельних макроконвеєрних обчислень дали змогу досягти рекордної ефективності при виконанні складних науково-технічних розрахунків і розв'язанні інформаційно-пошукових задач у масивах даних великого обсягу.



Директор Інституту з 1982 по 1994 р. академік Володимир Сергійович Михалевич (1930–1994)

У 1970–1980 рр. розроблено теоретичні основи, практичні методи та засоби створення міні- та мікро-ЕОМ, орієнтованих на різні галузі застосування, а також мікро-ЕОМ з гнучкою архітектурою та високими техніко-економічними параметрами. Було створено перші в країні зразки і розпочато серійне виробництво таких машин. У 1975 р. освоєно серійний випуск сімейства перших у країні мікро-ЕОМ на великих інтегральних схемах «Електроніка-С5». Спільно з організаціями та підприємствами галузевих міністерств створено базові моделі персональних ЕОМ (ЄС-1840, ЄС-1841, «Нейрон» та ін.) з характеристиками, які відкривали широкі можливості автоматизації у різних сферах.

Поряд з розвитком методів і засобів створення ЕОМ проводили дослідження, пов'язані з розширенням сфери їх застосування. Розвивалися чисельні методи розв'язання прикладних задач математики, механіки, теорії фільтрації, ядерної фізики, електроніки. Важливого значення набули методи математичного моделювання та застосування ЕОМ при розв'язанні задач автоматичного керування.

Створені В.С. Михалевичем і його учнями математичні методи оптимізації значно сприяли розвитку теоретичних основ кібернетики та інформатики. Такі методи мають особливо важливе значення у розв'язанні надскладних оптимізаційних задач (у тому числі задач вели-

кої розмірності), які виникають при прийнятті оптимальних рішень у різних сферах людської діяльності, зокрема для визначення оптимальної структури або значень параметрів об'єктів. Представники київської школи кібернетики є авторами добре відомих світовій спільноті методів, таких як «київський віник», метод вектора спаду, метод лінеаризації, методи стохастичного програмування та метод розширення простору. На зазначених методах сформувалася київська школа дискретної, неперервної, недиференційованої, стохастичної та гладкої оптимізації, до якої приєдналися десятки колективів Національної академії наук України, Київського, Дніпропетровського, Запорізького, Харківського, Львівського, Ужгородського університетів, НТУУ «КПІ» та цілого ряду проектних установ і організацій.

Закладені у 1960-х роках основи теорії оптимальних рішень у подальшому привели до створення ефективних математичних методів і засобів розв'язання задач оптимального керування та планування. Найважливішими з них були методи послідовного аналізу варіантів, схеми методу вектора спаду, узагальнені градієнтні методи випадкового пошуку, методи теорії диференціальних ігор та ін. Завдяки їх розвитку зроблено суттєвий внесок у теорію і практику керування складними процесами з використанням ЕОМ. Зокрема, було розв'язано важливі науково-технічні задачі розрахунку оптимального завантаження металургійних виробництв, вибору організаційних рішень при будівництві магістральних трубопроводів, планування перевезення нафтопродуктів на єдиній транспортній мережі, управління водними ресурсами тощо.

У 1963 р. В.М. Глушков висунув ідею об'єднання обчислювальних центрів у загальнодержавну мережу і побудови на цій основі Загальнодержавної автоматизованої системи збору та обробки інформації та Республіканської автоматизованої системи. У рамках створення автоматизованих систем різного рівня та призначення у 1967 р. вперше в країні спільно з Львівським телевізійним заводом було розроблено автоматизовану систему управління підприєм-



ством (АСУП) «Львів», яка містила низку принципово нових технічних і планово-економічних рішень. Протягом кількох років її було впроваджено на десятках підприємств країни. Розроблено та широко впроваджено на багатьох металообробних виробництвах одну з найкращих систем управління технологічними процесами «Гальванік», яка в реальному масштабі часу розв'язувала великий комплекс задач, пов'язаних із керуванням гальванічним процесом.

Системи «Львів» і «Гальванік» — одні з перших систем, з яких почалося визнання в країні АСУ, про що свідчило присудження їх авторам Державних премій УРСР.

Наприкінці 1960-х років створено типову АСУП «Кунцево» для управління багатоменклатурними підприємствами машино- та приладобудівного профілю. Широко було впроваджено типові програмно-технічні комплекси «Марс», «Меркурій», «Барс» та ін.

У цей період Інститут став однією з провідних наукових установ країни, його роботи сприяли формуванню науково-технічної політики в галузі автоматизації та застосування обчислювальної техніки у багатьох сферах діяльності. Було створено і впроваджено унікальні системи автоматизації проектування в машинобудуванні, приладобудуванні, на транспорті. Загалом у 1960—1970-х роках в Інституті було розроблено та передано промисловості понад 30 оригінальних ЕОМ і комп'ютерних комплексів різного призначення, які не мали аналогів у світі.

В Інституті активно проводили роботи з математичного забезпечення обчислювальних центрів колективного користування. Було запропоновано принципово нові підходи до створення баз даних і систем керування ними, а також методологічні основи промислового проектування банків даних з використанням стандартних програмних засобів широкого призначення.

Математичне забезпечення великих систем широкого призначення, створене в Інституті, використовували у сотнях організацій. Це, зокрема, комплекси програм для систем автоматизованого навчання, проектування та мо-



Академік НАН України Микола Михайлович Амосов (1913–2002)

делювання, медичних і біологічних систем та багато інших.

Набули розвитку дослідження апарату теорії керування динамічними системами та його застосувань до створення автоматизованих систем управління об'єктами з розподіленими параметрами, технологічними процесами, фізичними експериментами та екологічними системами. Спільно з Управлінням магістральних нафтопроводів «Дружба» Міннафтотрансу СРСР було введено в дію автоматизовану систему управління магістральним нафтопроводом.

Під час виконання розпочатих ще у 1959 р. робіт зі штучного інтелекту було створено низку інтелектуальних систем, зокрема розпізнавання зображень і усного мовлення.

Розроблено та впроваджено низку інформаційних медичних, біологічних і діагностичних систем. У перші роки існування Інституту під керівництвом академіка НАН України Миколи Михайловича Амосова створено апарат «штучне серце—легені» для підтримання життєдіяльності людини під час операцій на серці. У подальшому було розроблено і до цього часу широко застосовуються в медичній практиці для лікування хворих прилади «Міотон», «Міостимул» та їх модифікації.

Високий науковий рівень досліджень у галузі кібернетики відображено в першій у світі «Енциклопедії кібернетики», виданій українською мовою в 1973 р. Вона містила близько

1700 статей з інформатики, кібернетики та обчислювальної техніки, і в її створенні взяли участь близько 600 науковців і фахівців зі 102 наукових і виробничих установ колишнього СРСР. Енциклопедія стала онтологічним підґрунтям подальшого розвитку кібернетики у світі.

Завдяки актуальності наукової тематики, масштабу та широті досліджень Інститут наприкінці 1980-х — на початку 1990-х років перетворився на комплексну наукову установу, до складу якої входили власне Інститут кібернетики з навчальним центром, Спеціальне конструкторське бюро математичних машин і систем з інженерними центрами, Спеціальне конструкторсько-технологічне бюро програмного забезпечення та Обчислювальний центр колективного користування «Орбіта». Інститут налічував 6500 співробітників, серед яких було понад 70 докторів і близько 600 кандидатів наук.

На початку 1990-х років було здійснено структурну реорганізацію Інституту та переорієнтування прикладної тематики. На базі підрозділів Інституту створено окремі науководослідні установи, об'єднані в Кібернетичний центр НАН України, до якого сьогодні входять Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України (базова установа), Інститут проблем математичних машин і систем НАН України, Інститут програмних систем НАН України, Інститут космічних досліджень НАН України та ДКА України, Інститут прикладного системного аналізу МОН України та НАН України та Міжнародний науково-навчальний центр інформаційних технологій і систем НАН України та МОН України.

За роки існування Інституту поряд з роботами в галузі теорії і практики створення високопродуктивних обчислювальних машин, засобів обчислювальної техніки та проблемноорієнтованих комплексів різного призначення тут інтенсивно розвивали принципово нові математичні методи оптимізації для розв'язання задач великої розмірності, стохастичної та дискретної оптимізації, виконували роботи з теорії диференціальних ігор, імітаційних мето-

дів моделювання тощо. Було одержано фундаментальні результати в галузі теорії програмування, системного аналізу, захисту інформації, теорії та практики створення баз знань, систем штучного інтелекту, загальної теорії керування, інформаційних технологій, математичного забезпечення для широкого спектру засобів обчислювальної техніки, систем обробки даних, методів прогнозування.

На основі одержаних теоретичних результатів розроблено прикладні інформаційні технології для вирішення нагальних практичних завдань. Так, створено інформаційні технології для розв'язання оптимізаційних задач, що виникають при моделюванні економічних процесів. Розроблено новітні комп'ютерні технології математичного моделювання складних систем і процесів для сфери державного управління та прийняття рішень. За ініціативою Бюджетного комітету Верховної Ради України спільно з Державною установою «Інститут економіки та прогнозування НАН України» та Інститутом телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України створено ефективний сучасний інструментарій для розрахунку різних варіантів бюджетно-податкової політики на державному та регіональному рівнях і прогнозування середньострокових наслідків прийнятих рішень. У співпраці з ДУ «Інститут економіки та прогнозування НАН України» та Інститутом економіки промисловості НАН України розроблено інформаційно-аналітичне забезпечення для коротко- і середньострокового аналізу, планування і контролю виконання регіональних бюджетів з метою обґрунтування вибору варіантів бюджету областей на основі врахування впливу фінансово-економічних регуляторів. Одним із напрямів застосування розроблених комп'ютерних технологій математичного моделювання стало їх використання в інформаційно-аналітичному супроводженні законотворчого процесу у вітчизняній інформаційно-аналітичній системі «Електронний парламент».

Створено нову інформаційну технологію оптимального керування основними процесами, що відбуваються в багатокомпонентних

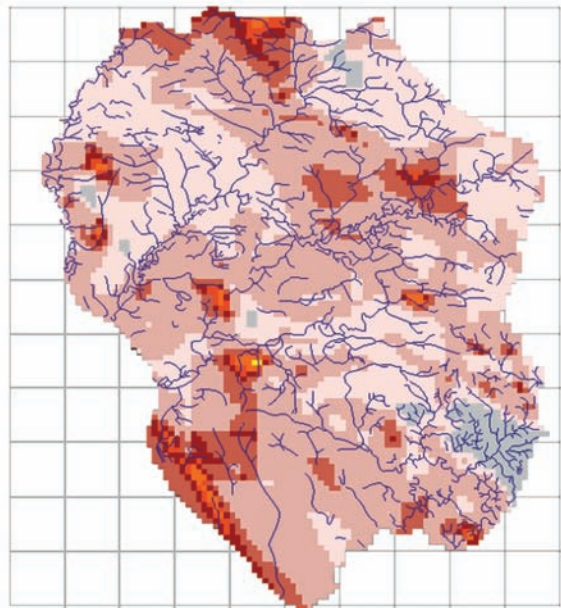
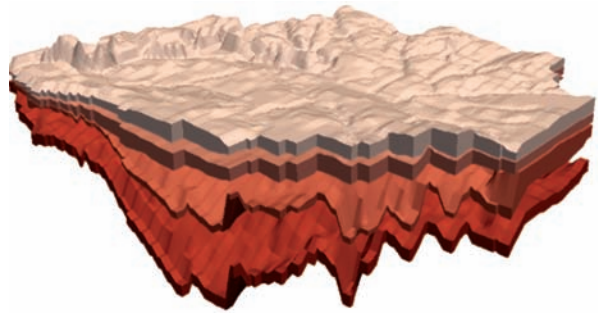
грунтових середовищах із довільними включеннями (тріщинами). Технологія включає: побудову диференціальних математичних моделей з умовами спряження, побудову еквівалентних ним класичних узагальнених задач, визначених на відповідних класах розривних функцій, побудову високоточних алгоритмів обчислень з використанням відповідних класів розривних функцій, які за порядком кроку дискретизації не гірші від аналогічних для відповідних класів задач з гладкими розв'язками.

Створено низку технологій, зокрема Nadra-3D, спрямованих на аналіз стану та прогнозу динаміки процесів, що відбуваються в гідротехнічних спорудах, конструкціях, ґрунтових схилах, масивах ґрунтів, які зазнають впливу великих забудов, підземних споруд, добування корисних копалин тощо, і пов'язані з рухом рідини та явищами теплопровідності. Зараз технологія Nadra-3D використовується у спільних з Інститутом геологічних наук НАН України роботах з оцінки запасів підземних вод регіонів України, для прийняття стратегічних рішень у сфері природокористування та будівництва важливих споруд.

Створено нову технологію побудови програмного забезпечення – інсерційне моделювання, на основі якого розроблено низку індустріальних засобів і технологій верифікації та тестування складних розподілених програмних систем у галузі телекомунікацій, автомобільної промисловості, вбудованих систем, систем військового призначення та ін. Ці засоби, що дозволяють на кілька порядків поліпшити якість програмних систем, їх продуктивність і надійність, застосовуються, зокрема, фірмами Motorola, Intel, Unisoft.

Широко впроваджено у вітчизняних і зарубіжних організаціях з геофізичних досліджень інформаційну технологію «ГеоПошук» для комплексної інтерпретації даних геофізичного дослідження свердловин. Розроблено та запропоновано до використання технологію «РТС-метан» для економіко-математичного моделювання схем утилізації шахтного метану.

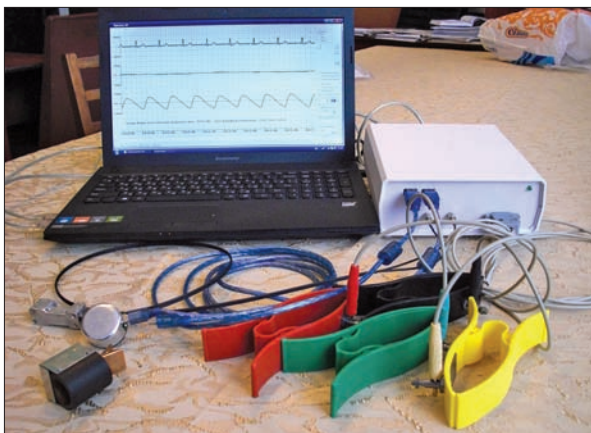
Сьогодні в Україні функціонує відома далеко за її межами наукова школа в галузі керу-



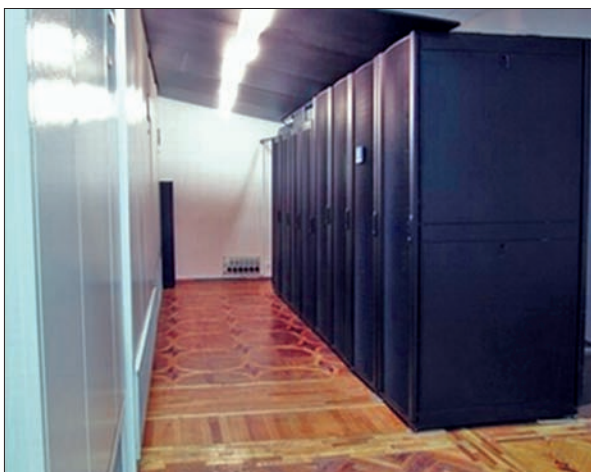
Комп'ютерна технологія Nadra-3D

вання динамічними процесами, діяльність якої ґрунтується на класичних результатах вітчизняних учених-кібернетиків. До таких результатів належать, зокрема, теорія інваріантних систем автоматичного керування з компенсацією збурень та теорія комбінованих систем, що застосовується в системах автоматичного регулювання швидкості електродвигунів. В Інституті розроблено всесвітньо відому теорію самоорганізації прогнозування моделей складних систем за експериментальними даними на основі методу групового урахування аргументів (МГУА).

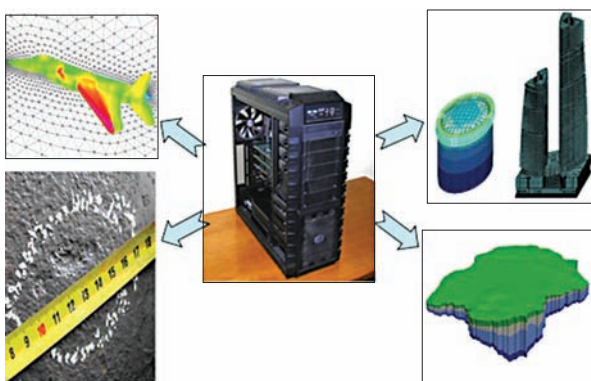




Портативний електрокардіографічно-фотометричний комплекс



Суперкомп'ютер для інформаційних технологій (СКІТ)



Сфери застосування інтелектуального паралельного комп'ютера Інпарком

Розроблено методи керування динамічними системами в умовах невизначеності нестохастичної природи. Вони довели свою ефективність при створенні систем керування орієнтацією космічних апаратів дистанційного зондування Землі, зокрема в КБ «Південне» при розробленні систем керування ЄгиптСат, СІЧ-2 та перспективних апаратів СІЧ-2М.

Для розв'язання надскладних динамічних задач протистояння, так званих конфліктно-керованих процесів, створено низку взаємодій, у тому числі за участю груп керованих об'єктів протидіючих сторін. Результати використовуються при перехопленні рухомих цілей, розробленні тренажерів для безпечного злету та посадки літаків, створенні моделювального комплексу пошуку рухомих об'єктів для потреб оборонного комплексу. Розроблено методи дослідження ігрових задач для загальних еволюційних процесів, які можуть бути застосовані для уникнення зіткнень в аеропортах та при аналізі конфліктних ситуацій в умовах невизначеності.

Створено інноваційні магнітокардіографічні комплекси, які використовуються в Національному військово-медичному клінічному центрі Міністерства оборони України та Українській військово-медичній академії для діагностики на дуже ранній стадії захворювань серцево-судинної системи. Ці хвороби на такій стадії не можуть бути діагностовані іншими засобами. Розроблено електрокардіографічно-фотометричний програмно-апаратний комплекс, який вирізняється портативністю, поєднує глибину аналізу з наочністю представлення результатів, включає алгоритми діагностики 4-го покоління та повністю автоматизує діагностичний висновок. Комплекс використовувався в Першому добровольчому мобільному шпиталі імені Миколи Пирогова для обстеження військовослужбовців у зоні проведення АТО та для скринінгу населення сільських районів України, який охопив понад 25 тис. осіб з більш як 600 населених пунктів.

В Інституті кібернетики за допомогою комп'ютерних розрахунків було проведено статистичний аналіз понад 100 геномів (зо-



крема, людини, шимпанзе, миші, щура, риби Tetraodon, хробака, рослин, бактерій і вірусів) з метою виявлення важливих закономірностей у записі генетичної інформації на рівні ДНК-хромосом. Отримано фундаментальні правила симетрії у записі генетичної інформації для ланцюгів ДНК. Ці правила істотно доповнюють наявні уявлення про запис генетичної інформації в ДНК і білках. Побудовано оптимальний генетичний код, симетричний відносно полярності амінокислот, завадостійкість якого при мутаціях на порядок вища, ніж для стандартного генетичного коду. На основі оптимальних процедур розпізнавання розроблено комп'ютерну технологію для діагностики прогресу гліом головного мозку.

За ініціативою Інституту розроблено Національну програму інформатизації України, в межах якої, зокрема, було створено ряд інформаційних технологій для автоматизації діяльності органів державної влади. Так, розроблено автоматизовану систему моніторингу інфекційних захворювань для Міністерства охорони здоров'я України; систему автоматизації бізнес-планування інноваційних проєктів Державного інноваційного фонду України; автоматизовану інформаційну систему збору інформації про пільги підприємств для Державної податкової адміністрації України; комплексну автоматизовану систему підтримки діяльності Фонду соціального страхування з тимчасової втрати працездатності України та його регіональних відділень; автоматизовану систему реєстрації, обліку та контролю звернень до Верховного суду України тощо.

Одним із важливих здобутків Інституту є створення у 2004–2017 рр. сімейства суперкомп'ютерів для інформаційних технологій (СКІТ), кожний з яких на момент введення в експлуатацію був найпотужнішим в Україні. Сьогодні загальна пікова продуктивність комплексу СКІТ становить 43 терафлопси, а енергоефективність відповідає найкращим світовим аналогам за рейтингом Green500. Комплекс СКІТ є основою Ресурсного центру Українського національного гріду і безкоштовно доступний усім науковим установам НАН України та

органам державної влади. Він підтримує ряд хмарних систем і значну кількість віртуальних організацій українських науковців, які застосовують чисельне моделювання і обчислювальні методи для отримання фундаментальних і прикладних результатів з біофізики, біохімії, фізичної хімії, фізики високих енергій, матеріалознавства, медицини, геофізики тощо. Комплекс СКІТ пройшов сертифікацію Європейської грид-ініціативи і використовується українськими вченими у міжнародних проєктах, зокрема в обробленні даних експериментів на Великому адронному колайдері.

У 2005–2015 рр. Інститутом кібернетики спільно з ДНВП «Електронмаш» створено сімейство інтелектуальних паралельних комп'ютерів Інпарком. Вони зайняли нішу між традиційними персональними та суперкомп'ютерами. На відміну від традиційних, інтелектуальні комп'ютери реалізують інноваційну функцію автоматичного адаптивного налаштування алгоритму, програми та архітектури комп'ютера на властивості задачі з наближеними вихідними даними і дозволяють отримувати комп'ютерні рішення з оцінкою вірогідності. Інтелектуальні комп'ютери використовувалися, зокрема, при проведенні розрахунків аеродинамічних характеристик обтікання планера АН-148 (ДП «Антонов»), газодинамічних і міцнісних розрахунків деталей та вузлів авіадвигунів (ДП «Івченко-Прогрес»), моделюванні кінетики теплового поля при зварюванні металів і процесів руйнування товстостінних елементів трубопроводів (Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України), при комп'ютерному моделюванні процесу обтікання і визначення аеродинамічних характеристик літальних апаратів (ДККБ «Луч»).

Створено математичний апарат аналізу алгоритмів криптографічних перетворень, що на 5–6 порядків підвищує швидкість розкриття зашифрованої інформації для існуючих алгоритмів. Із застосуванням сучасної техніки, наприклад квантових комп'ютерів, аналіз можна пришвидшити в деяких випадках до десяти порядків. Результати цих досліджень використано в оборонному комплексі держави.



Портативний комп'ютерний прилад сімейства «Флоратест»

Розроблено національний стандарт ДСТУ 4145-2002 «Цифровий підпис, що ґрунтується на еліптичних кривих». Створено програмний комплекс генерування і тестування псевдовипадкових і випадкових послідовностей для побудови ключової інформації, що використовується в засобах криптографічного захисту. Розроблено основи побудови інфраструктури центрів сертифікації відкритих ключів в Україні, які є невід'ємною складовою систем електронного документообігу.

В інтересах Міністерства оборони України в рамках держзамовлення створено програмно-апаратний комплекс «Арифметика» для обчислення основних криптопримітивів. Розроблено новий метод стеганографічного захисту інформації, сумісний зі світовими досягненнями в цій галузі. В інтересах державних органів розроблено нові оригінальні алгоритми розв'язання задач комп'ютерної стеганографії, які дають можливість приховано передавати інформацію відкритими каналами зв'язку, а також, не знаючи таємного стеганоключа, робити висновки щодо наявності прихованої інформації в цифрових аудіо- та відеоконтейнерах і зображеннях. Результати посилити оборонний комплекс України в галузі забезпечення захисту інформації, даючи можливість використовувати власні розробки, які відповідають світовому рівню.

Побудова нових засобів взаємодії користувача з комп'ютером у способах і формах, звичних для людини, є одним із ключових завдань,

які стоять перед дослідниками у світі. У цьому сенсі значний інтерес становить науковий напрям, пов'язаний зі створенням методів передачі інформації за допомогою рухів людини. Його надзвичайно важлива складова — спілкування жестовою мовою людей з вадами слуху між собою і з іншими людьми. Згідно зі статистикою Всесвітньої асоціації глухих, від 4 до 10% населення Європи страждають від проблем зі слухом. В Україні близько 0,4 млн людей має вади слуху, а нагальна потреба знати жестову мову є у понад 5 млн людей. Подолання труднощів у спілкуванні жестовою мовою має велике соціальне значення, оскільки незнання і невикористання жестової мови залишає поза активним громадським життям багатьох людей. Створено комп'ютерну технологію аналізу та візуалізації жестової мови. Її використання дозволяє навчати таким мовам людей з вадами слуху, сприяючи їх соціалізації. Відзначимо, що перенесення рухів, які відображують жестову інформацію, на модель є дуже складним завданням, що потребує значних інтелектуальних і обчислювальних ресурсів. Тільки можливості найпотужніших в Україні суперкомп'ютерів СКІТ дозволили реалізувати такі технології.

Розроблено інформаційну технологію для отримання в реальному часі за допомогою «розумних» бездротових сенсорних мереж інформації про наслідки дії на рослини стресових факторів (хвороб, посухи та ін.), зокрема на великих територіях зеленого покриву мегаполісів, сільськогосподарських угідь, заповідників і лісопаркових масивів. «Розумний» сенсор, який є базовим компонентом інформаційної технології, використовується в портативних комп'ютерних приладах сімейства «Флоратест», які випускаються серійно з 2012 р. і застосовуються на підприємствах аграрного та екологічного спрямування не лише в Україні, а й за кордоном, зокрема у Приватному інституті прикладної біотехнології daRostim (Німеччина), Інституті еволюційної екології НАН України, Національному науковому центрі «Інститут виноградарства і виноробства ім. В.Є. Таїрова» НААН України,

Інституті біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України, Науковому центрі «Мала академія наук України», Національному науковому центрі «Інститут садівництва» НААН України та багатьох інших компаніях і організаціях.

Велика увага приділяється роботі зі студентською молоддю. При Інституті працюють філії кафедри обчислювальної математики Київського національного університету імені Тараса Шевченка, кафедри автоматизованих систем обробки інформації та управління Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», кафедра теоретичної кібернетики та методів оптимального керування Київського академічного університету.

Науковцями Інституту видано близько 500 монографій та опубліковано десятки тисяч статей, значну кількість яких перекладено за кордоном, одержано сотні авторських свідоцтв. Зазначимо, що досить широкий список цитованої літератури, наведений нижче, дає читачам можливість детальніше ознайомитися з науковими розробками Інституту і, можливо, використати їх у своїй роботі.

Інститут є базовою організацією Кібернетичного центру НАН України, Національного комітету України з інформатики, Наукової ради з проблеми «Кібернетика», Наукової ради «Інтелектуальні інформаційні технології» НАН України, Української федерації інформатики, яка входить до складу міжнародної організації з інформатики CEPIS. Міжнародні наукові зв'язки Інституту охоплюють широке коло провідних наукових центрів світу. Серед них Міжнародний інститут прикладного системного аналізу, Кеплерівський університет (Австрія), Цюрихський технічний університет, Інститут дослідження операцій (Швейцарія), Університет імені Отто фон Геріке (ФРН), Єльський університет, Університет Флориди (США), Лондонський Сіті-університет та ін.

Інститут був організатором кількох сотень наукових конференцій, зокрема, проведено 44 міжнародні конференції з питань оптимізації обчислень. При Інституті діють спеціалізовані



Академік Анатолій Олексійович Дородніцин (1910–1994)

вчені ради із захисту докторських і кандидатських дисертацій; аспірантура та докторантура Інституту ведуть підготовку за багатьма спеціальностями в галузі інформаційно-комунікаційних технологій. У стінах установи підготовлено близько 350 докторів і понад 1000 кандидатів наук.

Наукові здобутки Інституту відзначено двома Ленінськими преміями, 34 Державними преміями СРСР та України, понад 50 іменними та іншими преміями.

Значну роль у становленні тематики Інституту відіграв академік Анатолій Олексійович Дородніцин. Протягом багатьох років він сприяв і допомагав впроваджувати у різні сфери народного господарства започатковане в Києві покоління малих обчислювальних машин з розвиненим «внутрішнім інтелектом». Саме за його ініціативою в 70-х роках ХХ ст. учені Інституту кібернетики виконали важливі дослідження з розпаралелювання алгоритмів різних класів, що стало основою математичного забезпечення для першого в СРСР суперкомп'ютера, який створювали тоді в Києві.

Національною академією наук України засновано премії імені видатних учених, з іменами яких пов'язані становлення та розвиток Інституту, — С.О. Лебедева, В.М. Глушкова, В.С. Михалевича, А.О. Дородніцина, М.М. Амосова. Визнанням досягнень Інституту є присудження у 1997 р. В.М. Глушкову медалі «Піонер обчислювальної техніки» Всесвітнього комп'ютерного товариства, обрання

провідних учених Інституту іноземними членами наукових товариств, почесними докторами, професорами провідних зарубіжних і вітчизняних університетів.

Перспектива подальшого розвитку інформатики тісно пов'язана зі створенням надпотужних суперкомп'ютерів. Ми розглядаємо Інтернет як платформу для комунікації людей. Зараз близько 5 млрд пристроїв підключені до Інтернету, створюючи так званій Інтернет речей; до 2020 р. ця цифра досягне 25 млрд, а обсяг щорічного глобального інтернет-трафіку перевищить 3,3 зеттабайти (зеттабайт дорівнює  $10^{21}$  байт). Тільки потужні суперкомп'ютери, здатні виконувати такі величезні та швидкі обчислення, можуть впоратися зі зростаючим обсягом даних.

Суперкомп'ютери можуть за кілька годин виявити генетичні зміни, що спричинюють мутацію небезпечних пухлин. Для новонароджених, уражених генетичними розладами, час має велике значення, оскільки класичні симптоми захворювання, які дозволяють встановити діагноз, не проявляються. Для виявлення причини хвороби і забезпечення ефективного лікування потрібно проаналізувати більш як 100 млрд нуклеотидних послідовностей.

Суперкомп'ютерне моделювання надалі все більше впливатиме на можливість проведення передових наукових досліджень. Достатньо зазначити, що наукові результати, за які 2017 р. було присуджено дві Нобелівські премії, було отримано в результаті моделювання на високопродуктивних обчислювальних пристроях. Передбачається, що такий вплив у подальшому лише зростатиме.

Суперкомп'ютер потрібен, зокрема, для обробки складних обчислювальних моделей, здатних моделювати структуру клітин і функціональні можливості мозку. Це дозволить нам краще зрозуміти, як функціонує мозок людини і в який спосіб можна впоратися із захворюваннями, пов'язаними зі старінням.

Зазначені вище досягнення, у свою чергу, формують межі досліджень у галузі інформаційно-комунікаційних технологій: сучасна наука потребує дедалі більшої обчислювальної

потужності, а також «відкритого» середовища, в якому дослідники можуть легко отримувати доступ до різноманітних даних та обчислювальних ресурсів. Це нова реальність «відкритої науки».

Зростаюча кількість проблем — на державному рівні, а також у планетарному масштабі — спричинює великий попит на обґрунтування процесу прийняття важливих рішень. Зближення технологій високопродуктивних обчислень, обробки великих масивів даних (Big Data) та хмарних сервісів дозволить приймати більш точні обґрунтовані рішення за складним сценарієм у реальному часі. Суперкомп'ютери виконують важливу роль у сфері розроблення ключових напрямів державної політики, від національної безпеки до кліматичних змін. Саме тому суперкомп'ютери стали національним пріоритетом у США, ЄС, Китаї. Європейська комісія створила Європейську технологічну платформу для високопродуктивних обчислень з метою розроблення суперкомп'ютерних технологій та застосувань, включила необхідні дослідження до програми «Горизонт-2020». Україна має зробити необхідні кроки, щоб долучитися до списку країн, які розвивають такі вкрай важливі технології, і для цього необхідна підтримка на державному рівні.

Вже в наш час ведуться роботи зі створення оптичних суперкомп'ютерів з унікальними характеристиками швидкості обробки інформації. Основою таких комп'ютерів має стати оптичний процесор з використанням елементів, у яких світло керує світлом, а логічні операції здійснюються в процесі взаємодії світлових хвиль з речовиною. Проте це може бути тільки початком широкого використання оптики для інформаційних технологій. Можливості застосування світла в обробці інформації практично безмежні. Якщо використовувати світло для передачі даних між процесорами або логічними елементами, проблеми з часом затримки на з'єднання не існуватиме, оскільки передача інформації відбуватиметься дійсно зі швидкістю світла. Оптичні комп'ютери будуть спроможні обробляти і відображати мільярди байтів,



кожний з яких пов'язаний з інформаційним каналом з частотною шириною смуги передачі понад 1 ТГц.

Уже зараз очевидно, що новим поколінням комп'ютерів стануть квантові. Для певних алгоритмів швидкість обчислень квантового комп'ютера на кілька порядків перевищить можливості звичайних комп'ютерів. Квантовий комп'ютер буде здатний миттєво виконувати неймовірну кількість обчислень. Такий комп'ютер зміг би за секунди розшифрувати геном людини або з великою точністю передбачити погоду на місяці вперед. Він зміг би за кілька годин розшифрувати найскладніший шифр, тоді як звичайному комп'ютеру на це знадобилися б мільярди років.

Багато компаній уже знайшли, як можна використовувати квантові комп'ютери. Наприклад, Google навчила такий комп'ютер здійснювати розпізнавання образів, а в компанії D-Wave його навчили виконувати фолдинг (згортання) білків. Подальша робота над створенням квантового комп'ютера в D-Wave дала змогу працювати з тисячами кубітів (квантових бітів), причому продуктивність таких комп'ютерів в десятки тисяч разів перевищує можливості класичних неквантових комп'ютерів. На сьогодні такі комп'ютери залишаються дуже вузькоспеціалізованими, і одне з важливих завдань — подолати таке обмеження.

Як бачимо, вчені активно працюють над створенням суперкомп'ютера майбутнього і випробовують для цього різноманітні способи.

Можна стверджувати, що інформатика майбутнього — це квантова інформатика. У квантовій інформатиці вивчаються загальні принципи та закони, що керують динамікою складних квантових систем, а моделлю таких систем є саме квантовий комп'ютер. На сьогодні вже здійснено ряд принципових досліджень щодо квантової обробки інформації. Зазначимо тільки експерименти зі створення діючих квантово-криптографічних телекомунікаційних ліній, що забезпечують неможливість перехоплення інформації без її спотворення. Дослідження теоретичних і експери-

ментальних аспектів квантової інформатики ведуться в усіх розвинених країнах, у тому числі й в Україні.

Саме квантовий комп'ютер міг би стати основою для створення машин, здатних «навчатися» самостійно, а це, по суті — за крок від реалізації ідеї штучного інтелекту.

Багатогранність таланту засновника Інституту кібернетики В.М. Глушкова полягає в тому, що під його керівництвом в Інституті з перших років виконувалася низка передових робіт зі створення штучного інтелекту та інтелектуальних систем. На світовому рівні визнано ряд результатів В.М. Глушкова, М.М. Амосова з розпізнавання образів, моделювання процесів мислення, створення перших робототехнічних систем, результати В.С. Михалевича та його школи з теорії та методів оптимізації, результати О.Г. Івахненка зі створення теорії самоорганізованих систем. Дослідження з цього напрямку привертають величезний інтерес, оскільки не лише впливають на можливість автоматизації процесів людської діяльності, а й дозволяють швидко вирішувати складні завдання щодо прийняття рішень, здатні бути «підсилювачем» людського мозку, в тому числі в умовах невизначеності. Зараз алгоритми та методи штучного інтелекту успішно впроваджуються на апаратному рівні, на черзі створення комп'ютерних платформ з апаратним прискоренням інтелектуальних задач, у цьому напрямі величезний внесок зробили такі відомі компанії, як Google та NVIDIA. Штучний інтелект розвиватиметься в напрямі ускладнення алгоритмів навчання, в тому числі глибинного, з метою охопити все більше аспектів наявної інформації, та створення нових галузей застосування, починаючи від космічних досліджень до побутової техніки. Завдання науковців — забезпечити ефективні та безпечні для суспільства методи і алгоритми, які дозволили б розвивати штучний інтелект не як суперника, а як партнера людини.

Велику увагу на державному рівні привертає необхідність розвитку нових моделей і методів захисту інформації. Інформація в сучасних комп'ютерних системах зазвичай передається

незахищеними каналами зв'язку, наприклад інтернет-каналами. В цьому каналі можлива модифікація даних (знищення, внесення змін, додавання нових даних), переадресація з метою отримання доступу до конфіденційних даних та нав'язування інформаційного обміну від чужого імені. Збитки від такої діяльності у світі щороку становлять мільярди доларів. Запобігти цьому особливо важливо в банківських системах та системах державного управління, де ці дії можуть зашкодити національним інтересам держави.

Є необхідність захисту різних інформаційних систем, зокрема локальних мереж державних та комерційних установ, від загрози витоку інформації, порушення авторських прав, захисту особистих таємниць тощо. На сьогодні терористичні загрози набули значного поширення у світі, тероризм використовується деякими країнами як засіб ведення гібридної війни. Тому протидія терористичним атакам є актуальним науково-практичним завданням. А для виявлення можливих терористів планується створення методів обробки величез-

них обсягів неструктурованої інформації, що є надскладною задачею, для якої в майбутньому буде знайдено ефективні розв'язки.

Передбачається, що створення повноцінного масштабованого квантового комп'ютера та застосування його для криптоаналізу дасть можливість побудови нових моделей і методів захисту інформації, які забезпечать принципово новий його рівень. У постквантовому світі основні асиметричні криптографічні системи шифрування, цифрового підпису, автентифікації та низка інших протоколів асиметричної криптографії будуть зламуватися за реальний час. Основним напрямом розвитку є створення криптографічних алгоритмів та систем захисту інформації, які основані на нових принципах і будуть стійкими в постквантовій криптографії.

Тут викладено далеко не всі актуальні й перспективні напрями розвитку інформатики. У світі ця галузь науки сьогодні динамічно розвивається. І попереду на вчених Інституту кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України очікують великі завдання і багато роботи.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Глушков В.М. *Основы безбумажной информатики*. М.: Наука, 1982.
2. Глушков В.М. *Кибернетика, вычислительная техника, информатика*. Избранные труды: в 3 т. К.: Наук. думка, 1990.
3. Глушков В.М. *Кибернетика. Вопросы теории и практики*. К.: Наук. думка, 1986.
4. Глушков В.М. *Введение в кибернетику*. К.: Изд-во АН УССР, 1964.
5. *Стан та перспективи розвитку інформатики в Україні*. (Авт. кол.: І.В. Сергієнко та ін.). К.: Наукова думка, 2010.
6. Сергієнко І.В. Комп'ютерні технології і науково-технічний прогрес. *Вісник НАН України*. 2016. № 11. С. 56–57.
7. Сергієнко І.В. Наукові ідеї академіка В.М. Глушкова та розвиток сучасної інформатики. *Вісник НАН України*. 2008. № 12. С. 9–29.
8. Сергієнко І.В. *Наукові ідеї В.М. Глушкова та розвиток актуальних напрямів інформатики*. К.: Наук. думка, 2013. (Sergienko I.V. *Topical directions of informatics. In memory of V.M. Glushkov*. Springer, 2014).
9. Сергієнко І.В. *Методи оптимізації та системного аналізу для задач трансобчислювальної складності*. К.: Академперіодика, 2010. (Sergienko I.V. *Methods of optimization and systems analysis for problems of transcomputational complexity*. Springer, 2012).
10. Сергиенко И.В., Шило В.П. *Задачи дискретной оптимизации: проблемы, методы решения, исследования*. К.: Наук. думка, 2003.
11. Shylo V.P., Glover F., Sergienko I.V. Teams of global equilibrium search algorithms for solving weighted maximum cut problem in parallel. *Кибернетика и систем. анализ*. 2015. Т. 51, № 1. С. 20–29.
12. Донец Г.А., Сергиенко И.В. *Числовые графы и построение дискретных образов*. К.: Наук. думка, 2014.

13. Шор Н.З. *Методы минимизации недифференцируемых функций и их приложения*. К.: Наук. думка, 1979. (Shor N.Z. *Minimization Methods for Non-Differentiable Functions*. Berlin: Springer-Verlag, 1985).
14. Шор Н.З., Сергієнко І.В., Шило В.П. та ін. *Задачі оптимального проектування надійних мереж*. К.: Наук. думка, 2005.
15. Стецюк П.І., Журбенко М.Г., Лиховид О.П. *Математичні моделі та програмне забезпечення в задачах енергетики*. К.: Поліграфічний комплекс, 2012.
16. Sergienko I.V., Mikhalevich M., Koshlai L. *Optimization models in a transition economy*. Springer, 2014.
17. Сергієнко І.В., Коваль В.М. СКІТ — український суперкомп'ютерний проект. *Вісник НАН України*. 2005. № 8. С. 3—13.
18. Летичевский А.А. Инсерционное моделирование. *Управляющие системы и машины*. 2012. № 6. С. 3—14.
19. Летичевский А.А. (мл.). Парадигмы модельного и символического тестирования программных систем. *Кибернетика и систем. анализ*. 2015. Т. 51, № 5. С. 31—44.
20. Сергієнко І.В., Молчанов І.Н., Химич А.Н. Интеллектуальные технологии высокопроизводительных вычислений. *Кибернетика и систем. анализ*. 2010. Т. 46, № 5. С. 164—176.
21. Хімич О.М. Интеллектуальный персональный суперкомп'ютер гибридной архитектуры для задач науки та інженерії. *Вісник НАН України*. 2016. № 5. С. 83—86.
22. Химич А.Н., Молчанов И.Н., Попов А.В., Чистякова Т.В., Яковлев М.Ф. *Численное программное обеспечение интеллектуального MIMD-компьютера Инпарком*. К.: Наук. думка, 2007.
23. Sergienko I.V., Deineka V.S. *Optimal Control of Distributed Systems with Conjugation Conditions*. New York: Kluwer Academic Publishers, 2005.
24. Chikrii A.A. *Conflict-controlled processes*. Springer Science and Business Media, 2013.
25. Pardalos P., Jatsenko V., Fenn M.B., Chikrii A.A. Bilinear Markovian Processes of Search for Moving Objects. *NATO Science for Peace and Security Series*. 2014. V. 37. P. 209—230.
26. Кунцевич В.М. *Управление в условиях неопределенности: гарантированные результаты в задачах управления и идентификации*. К.: Наук. думка, 2006.
27. Довгий С.О., Сергієнко І.В., Гуляницький Л.Ф. та ін. *Інформаційно-аналітичне супроводження бюджетного процесу*. К.: Інформаційні системи, 2013.
28. Бігдан В.Б., Карпець Е.П., Пепеляєв В.А., Чорний Ю.М. Особливості середньострокового прогнозування розвитку економіки регіону засобами інформаційно-аналітичної системи супроводження бюджетного процесу. *Математичне моделювання в економіці*. 2013. № 1. С. 48—56.
29. Баран Л.Б., Вишневецький В.В., Гуляєв К.Д., Гуляницький Л.Ф. та ін. *Електронний парламент України: досвід створення*. К.: Логос, 2015.
30. Палагин А.В. Проблемы трансдисциплинарности и роли информатики. *Кибернетика и систем. анализ*. 2013. Т. 49, № 5. С. 3—13.
31. Величко В.Ю., Малахов К.С., Семенов В.В., Стрижак А.Е. Комплексные инструментальные средства инженерии онтологий. *Information Models and Analyses*. 2014. 3(4): 336.
32. Задірака В.К., Олексюк О.С. *Комп'ютерна арифметика багаторозрядних чисел*. Київ, Тернопіль: Економічна думка, 2003.
33. Сергієнко І.В., Задірака В.К., Литвин О.М. *Елементи загальної теорії оптимальних алгоритмів та суміжні питання*. К.: Наук. думка, 2010.
34. Задірака В.К., Бабич М.Д., Березовський А.І. та ін. *T-ефективні алгоритми наближеного розв'язання задач обчислювальної та прикладної математики*. Тернопіль: Збруч, 2003.
35. Савчук М.М. Про роботи київської школи теоретичної криптографії. *Кибернетика и систем. анализ*. 2010. Т. 46, № 3. С. 52—68.
36. Кочубинский А.И., Фаль А.М. Алгоритмы вычисления слепой цифровой подписи на основе национального стандарта Украины цифровой подписи ДСТУ 4145-2002 и российского стандарта цифровой подписи ГОСТ Р34.10-2001. *Кибернетика и систем. анализ*. 2012. Т. 48, № 4. С. 95—100.
37. Коваленко И.Н., Кочубинский А.И. Асимметричные криптографические алгоритмы. *Кибернетика и систем. анализ*. 2003. Т. 39, № 4. С. 95—100.
38. Семотюк М.В., Палагин А.В. Обобщение теоретико-числовых преобразований. *Комп'ютерні засоби, мережі та системи*. 2002. № 1. С. 3—13.
39. Боян В.П. *Динамическая теория информации. Основы и приложения*. К.: Ин-т кибернетики им. В.М. Глушкова НАН Украины, 2001.

40. Боюн В.П. Интеллектуальне вибіркоче сприйняття візуальної інформації. Інформаційні аспекти. *Искусственный интеллект*. 2011. № 3. С. 16–24.
41. Боюн В.П. Интеллектуальні комп'ютерні системи сприйняття і обробки фізичної інформації. *Вісник НАН України*. 2015. № 5. С. 82–84.
42. Гупал А.М., Сергиенко И.В. *Оптимальные процедуры распознавания*. К.: Наук. думка, 2008.
43. Гупал А.М., Сергиенко И.В. *Симметрия в ДНК. Методы распознавания дискретных последовательностей*. К.: Наук. думка, 2016.
44. Romanov V., Mintser O., Galelyuka I., Degtjaruk V., Chernetsky V., Chaykovsky I. Computer devices and information technologies for medicine. *Information Technologies & Knowledge*. 2016. **10**(1): 21.
45. Chaikovsky I., Primin M., Nedayvoda I., Budnyk M. Magnetocardiography in Unshielded Setting: Heart Electrical Image Based on 2D and 3D Data in Comparison with Perfusion Image Based on PET Results – Clinical Cases. In: *Coronary Artery Diseases*. Zagreb: In-Tech, 2012. P. 43–58. <https://www.intechopen.com/books/coronary-artery-diseases/magnetocardiography-in-unshielded-setting-heart-electrical-image-based-on-2-d-and-3-d-data-in-compar>
46. Булат А.Ф., Войтович І.Д., Прімін М.А., Недаєвода І.В., Бурчак О.В. Дослідження магнітної сприйнятливості вугільної речовини як показника енергетичного стану вугілля. *Доповіді НАН України*. 2013. № 6. С. 99–104.
47. Кривонос Ю.Г., Крак Ю.В. Моделирование движений рук, мимики и артикуляции лица человека для синтеза и визуализации жестовой информации. *Кибернетика и систем. анализ*. 2011. Т. 47, № 4. С. 3–8.
48. Кривонос Ю.Г., Крак Ю.В., Бармак О.В. *Системы жестовой коммуникации: моделирования информационных процессов*. К.: Наук. думка, 2014.
49. Крак Ю.В., Кривонос Ю.Г., Бармак А.В., Тернов А.С. Подход к определению эффективных признаков и синтезу оптимального полосно-разделяющего классификатора для элементов дактильно-жестовой речи. *Кибернетика и систем. анализ*. 2016. Т. 52, № 2. С. 3–12.

*I.V. Sergienko*

Glushkov Institute of Cybernetics of the National Academy of Sciences of Ukraine (Kyiv)

MODERN INFORMATICS: ACHIEVEMENTS AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT

To the 60th anniversary of the foundation of the Glushkov Institute of Cybernetics of NAS of Ukraine

December 2017 marks the 60th anniversary of the foundation of the Glushkov Institute of Cybernetics of NAS of Ukraine – widely known in Ukraine and abroad scientific center for the development of fundamental and applied problems of computer science and computer technology, introduction of methods and means of informatics in various spheres of human activity. The article covers the main stages of the history of the Institute, the formation and development of its main scientific directions, outlines the most important scientific achievements for the entire period of the institution's activities. Particular attention is paid to the prospects for further development of computer science in the world.