

І. СЕРГІЄНКО

**НАУКОВІ ІДЕЇ АКАДЕМІКА В.М. ГЛУШКОВА  
ТА РОЗВИТОК СУЧАСНОЇ ІНФОРМАТИКИ\*****КОМП'ЮТЕРНІ СИСТЕМИ  
ТА СПЕЦІАЛІЗОВАНІ ПРИЛАДИ**

У межах технічного напрямку Computer science в Кібернетичному центрі й Інституті кібернетики останнім часом найбільш інтенсивно розвиваються:

- високопродуктивні суперкомп'ютерні комплекси;
- реконфігуровні знання-орієнтовні комп'ютерні системи;
- проблемно-орієнтовані системи цифрового оброблення сигналів;
- комп'ютерне приладобудування.

Яскравим прикладом першої з названих розробок є родина суперкомп'ютерів для інформаційних технологій (СКІТ) — високоефективних обчислювальних кластерних систем на сучасній елементній базі.

Можливість ефективного інтелектуального оброблення великих за обсягом баз знань і даних забезпечує їм істотні переваги. Уже сьогодні на кластерних супер-ЕОМ реалізовано низку інформаційних технологій для розв'язання важливих класів задач практичного застосування.

\* Закінчення. Початок у «Віснику НАН України», № 11

Суперкомп'ютери родини СКІТ об'єднані в суперкомп'ютерний комплекс із продуктивністю близько 6 трильйонів операцій на секунду. Через мережу Інтернет він обслуговує обчислювальні потреби наукової спільноти НАН України та університетів і є одним із суперкомп'ютерних вузлів у міжнародній Grid-системі. Це дає можливість розв'язувати принципово нові задачі трансобчислювальної складності в галузі науки, економіки, екології, сільського господарства, техніки, безпеки, у космічній та інших галузях.

Сьогодні поточна конфігурація кластера має 416 процесорів та 832 гігабайти оперативної пам'яті. Теоретична продуктивність кластера СКІТ-3 (Рис. 2) досягла 7,5 терафлопса, при цьому реальна зареєстрована продуктивність у тесті Linpack досягла 5,3 терафлопса.

Комп'ютерні системи з програмованою архітектурою чи реконфігуровні системи зорієнтовані на використання програмованих інтегральних схем (ПЛІС) та модулів [41]. Найбільш поширеними є конфігурації, що являють собою функціональні розширення типових моделей персональних комп'ютерів та робочих станцій, їх вико-



Рис. 2. СКІТ-3

ристовують для виконання операцій з операціями великої розмірності, формалізованого оброблення текстів тощо.

Як відомо, В.М. Глушков, прекрасно розуміючи важливість правильно прийнятих стратегічних рішень управління державними структурами, міністерствами, великими підприємствами, ще в кінці 60-х років минулого століття висунув ідею створення автоматизованих кібернетичних систем підтримки прийняття таких рішень.

Розвиваючи цю ідею, з початку 70-х років під керівництвом А.О. Морозова проводять наукові дослідження зі створення ситуаційних центрів — автоматизованих систем ситуаційного управління, що інтегрують нові інформаційні технології, можливості людини, останні досягнення в теорії прийняття рішень і забезпечують колективне прийняття рішень, аналіз та прогнозування їхніх результатів [42].

На цій основі було створено систему «Ритм-2» для оперативного відображення польоту космічних об'єктів у Центрі управління польотами на засобах відображення

інформації колективного користування. Ця система забезпечила проведення на високому рівні міжнародного космічного експерименту «Союз-Аполлон», розвитком якої стало створення в 1985 р. першого в Радянському Союзі Ситуаційного центру для Міністерства суднобудівної промисловості.

Визначну роль у діяльності Державної комісії з ліквідації наслідків аварії на ЧАЕС відіграла Ситуаційна кімната (дійова модель Ситуаційного центру) в ІПММС НАН України, де відпрацьовували рішення комісії та здійснювали їх моделювання.

Упродовж 1990–2002 років колектив Інституту проблем математичних машин і систем створив родину Ситуаційних центрів для інформаційного забезпечення законотворчої діяльності — Рада, Рада-2, Рада-3, упроваджених у Верховній Раді України, Верховній Раді Криму, парламентах Узбекистану, Таджикистану та ряді обласних і міських рад.

З 2002 року в Міністерстві оборони України функціонує створений інститутом Ситуаційний центр Верховного Головнокомандувача Збройних сил України.

Варто також відзначити, що в останні роки в Інституті проблем математичних машин і систем розроблено модельно-орієнтовану технологію для управління складними технологічними об'єктами в реальному часі. Ця технологія лягла в основу створення спільно з Інститутом електрозварювання ім. Є.О. Патона унікальних установок електронно-променевого зварювання у вакуумі [43]. За своїми технічними і технологічними параметрами ці установки значно перевищують відоме в світі електрозварювальне обладнання. Завдяки цьому вони отримали міжнародне визнання: їх закуплено і впроваджено у виробництво авіаційної, нафтодобувної та космічної техніки на підприємствах таких відомих компаній, як «Boeing», «Airbus», «Honda», «Smith Tool» та інших.

Не випадково автори цієї комп'ютерної технології удостоєні Державної премії України в галузі науки і техніки за 2006 рік.

В останнє десятиліття продуктивно розвиваються комп'ютерні технології та комп'ютерні прилади реального часу медико-біологічного профілю. Про це свідчить низка цікавих систем і приладів, які схарактеризуємо детальніше.

### МАГНІТОКАРДІОГРАФІЯ

Одним із можливих підходів до реалізації в Україні національної програми запобігання серцево-судинним захворюванням є впровадження новітніх досягнень технології реєстрації ранніх порушень електрофізіологічних властивостей міокарда. Методи дослідження роботи серця, які застосовують сьогодні, не дають можливості діагностувати захворювання на дуже ранній стадії. Це може забезпечити лише сучасна інформаційна технологія магнітокардіографії, що вимірює над грудною кліткою магнітні сигнали, які ви-

промінює серце, й обробляє їх за допомогою оригінальних алгоритмів. Завдяки багаторічній співпраці науковців, інженерів і лікарів Національної академії наук та Академії медичних наук України така інформаційна технологія і техніка безконтактної магнітокардіографічної діагностики була створена і в 2007 році відзначена Державною премією України.

Оригінальний магнітокардіографічний комплекс (Рис. 3), розроблений науковцями Інституту кібернетики, уже кілька років експлуатують в Інституті кардіології ім. М.Д. Стражеска. Завдяки проведеним останнім часом дослідженням магнітокардіографія стала надійним клінічним інструментом для забезпечення високоінформативного відображення електрофізіологічних характеристик серця й оцінення ступеня його електрофізіологічної нестабільності.

Створений магнітокардіографічний комплекс пройшов клінічні випробування та атестацію як медичний прилад. Новітня



Рис. 3. Магнітокардіографічний комплекс

розробка та пріоритет українських учених здобули визнання в країнах Західної Європи і США. Ці технології дають можливість на високому рівні розв'язувати проблеми ранньої діагностики серцево-судинних захворювань та профілактики раптової смерті від серцевого нападу, що становлять частину глобальної медико-соціальної проблеми.

Дослідження в галузі біокібернетики та медичних інформаційних технологій проводили також у Міжнародному центрі інформаційних технологій та систем, в Інституті програмних систем НАН України. Цікаву розробку, наприклад, виконали фахівці ІПС НАН України. Розроблення адекватних підходів до діагностики та підвищення функціональної надійності людини-оператора, що керує роботою сучасних АСУ реального часу, має важливе значення. Для досягнення цієї мети зазвичай проводять психофізіологічні дослідження операторів комп'ютера в умовах підвищених інформаційних навантажень та розробляють математичні моделі механізмів фізіологічного забезпечення діяльності. У роботі Р.Д. Григоряна [44] запропоновано нову теорію самоорганізації децентралізованих процесів адаптивного реагування організмів на екзогенні зміни. Нове бачення біологічних механізмів трансформоване в технологію для створення класу моделей, що відображають первинність і динамічність біохімічних процесів у клітинах.

Окрім розроблення спеціалізованих математичних моделей і комп'ютерних технологій для теоретичного оцінення й керування функцією кровообігу пілотів винищувачів проводили за фінансової підтримки США через надані гранти. Було створено спеціалізований програмно-моделювальний комплекс, що дає можливість імітувати реальні режими маневрів літального апарата під час авіакосмічного польоту й оцінювати ефективність способів і тех-

нічних засобів захисту людини від негативного впливу екстремальних пілотажних прискорень.

У прикладному аспекті розроблено декілька інформаційних технологій і комп'ютерних систем для вивчення механізмів індивідуальної психофізіологічної адаптації людини [45].

### **СИСТЕМИ З РОЗПІЗНАВАННЯ ДИНАМІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ**

У своїй праці «Про кібернетику як науку» (1964 р.) В.М. Глушков запропонував таке чітке визначення поняття інформації: «Інформація в найзагальнішому її розумінні являє собою міру неоднорідності розподілу матерії і енергії в просторі і часі, міру змін, якими супроводжуються всі процеси, що відбуваються у світі». При цьому виділяють два різновиди неоднорідності — статична (характеризує поточний стан певної матеріальної чи енергетичної системи) та динамічна (її змінність у часі). Визначення поняття динамічної інформації виявилось винятково плідним при вивченні інформаційних властивостей фізичних систем і ще знайде своє застосування в новій перспективній галузі інформатики, яка в останні роки дістала назву «фізична інформатика».

Це дало можливість виділяти й використовувати корисну (динамічну) інформацію з випадкових стаціонарних і нестаціонарних сигналів, зображень, просторових полів, ітераційних процесів, рекурентних процедур тощо, значно зменшивши її надлишковість. На базі динамічної теорії інформації розроблено ефективні інформаційно узгоджені методи аналого-інкрементного перетворення й оброблення сигналів, синтезу алгоритмів і структур спецобчислювачів, покладених в основу створення елементної бази підвищеної «інтелектуальності», яка, крім відліку сигналів, виділяє і використовує їхні інформаційні ознаки.

Нова теорія дала можливість розробити динамічні моделі процесів пошуку об'єктів за заданими ознаками, відстежувати їх, здійснювати круговий огляд тощо [46]. Ці моделі покладено в основу створення першої в Україні інтелектуальної відеокамери (Рис. 4) з програмованими параметрами зчитування й попереднім обробленням інформації та відеопроцесорними пристроями на її основі (контроль динамічних параметрів фізичних, хімічних та біологічних об'єктів, контроль якості, форми, розмірів та ідентифікація продукції, розпізнавання штрих- та ДМХ-кодів, капіляроскопія, доплерографія тощо).

Для створеного цифрового оптичного капіляроскопа (Рис. 5), який дає змогу неінвазивно досліджувати стан мікроциркуляторної ланки пацієнта, розроблено програмне забезпечення для вимірювання статичних параметрів капілярів (довжина артеріальної і венозної ділянки, калібр та звивистість капіляра тощо), а також для оцінення таких динамічних параметрів, як швидкість кровотоку в ділянках капіляра.

В основу створюваної гемодинамічної лабораторії «МакроМікроПотік» покладено метод цифрової оптичної капіляроскопії, який виступає арбітром нормального функціонування всієї серцево-судинної системи живого організму, оскільки дає змогу візуалізувати найвіддаленіший сектор судинної системи і чітко відображає артеріолярну, венулярну патологію в аспекті глобальних першопричин порушень у судинній системі зі скринінгом можливих причин як із боку серцевої життєдіяльності, так і внаслідок патології магістральних та периферійних судин артеріальної і венозної ланок.

Принциповою відмінністю гемодинамічної лабораторії «МакроМікроПотік» є об'єднання двох технологій — доплерівської детекції магістрального потоку крові з цифровою оптичною візуалізацією та комплексною оцінкою стану макроциркуляції з



Рис. 4. Перша в Україні інтелектуальна відеокамера

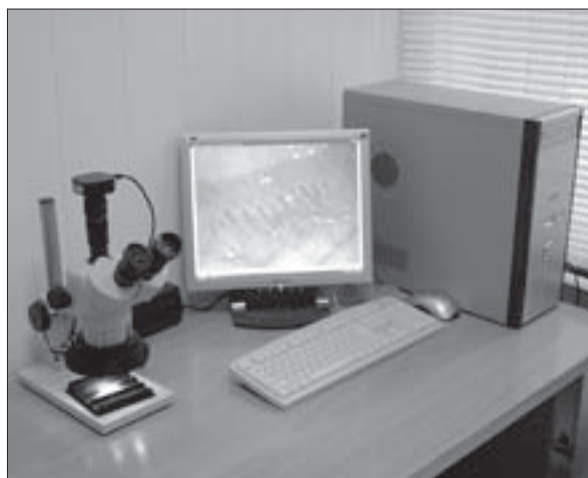


Рис. 5. Цифровий оптичний капіляроскоп

єдиним програмно-аналітичним забезпеченням для виявлення дисбалансу між патологією в магістральних артеріях та венах і розладами в мікросудинах пацієнта. Тому саме такий комплекс, який отримує інформацію на макро- і мікрорівнях, здатний забезпечити ефективну комплексну діагностику серцево-судинної системи та формування реальних індивідуально орієнтованих алгоритмів лікування з інструментальним контролем його ефективності.

#### КОМП'ЮТЕРНЕ ПРИЛАДОБУДУВАННЯ

В Інституті кібернетики розробляють 5 видів інтелектуальних сенсорів, які здатні до глибинного складного оброблення отримуваних сигналів, урахування нелінійностей і видобування з них цінної ін-



формації найвищого рівня. Це надзвичайно перспективний напрям інформатики [47]. Деякі інтелектуальні сенсори доведено до рівня тиражування і випробування зацікавленими організаціями в реальних умовах.

Інтелектуальний сенсор «Флоратест» призначений для неінвазійної експрес-діагностики фотосинтезу рослин. Дослідну партію (15 зразків приладу) у 2007 р. надано для випробування установам агропромислового комплексу. Нині завдяки дослідній експлуатації «Флоратесту» розроблено методики експрес-діагностики бактеріозу та вірусної строкатості рослин, хлорозу виноградної лози, вибору посухостійких сортів винограду тощо [48].

У 2008 році разом із Науковим центром екомоніторингу та біорізноманіття мегаполісу НАН України проведено експериментальне використання «Флоратесту» (Рис. 6) для визначення впливу важких металів і шкідливих речовин (наприклад, свинцю, натрію, хлору та ін.) у ґрунті на стан зелених насаджень міста Києва. При цьому вимірювання тривають лічені хвилини.



Рис. 6. Прилад «Флоратест» для експрес-діагностики рослин

Інтелектуальний сенсор «Гемоглобінометр», який неінвазійно вимірює вміст гемоглобіну в тканині, передано на випробування в Чернігівський обласний центр радіаційного захисту та оздоровлення населення МОЗ України та в Інститут медицини праці АМН України. На основі обстеження за його допомогою сотень пацієнтів медицини відзначають важливі перспективи застосування приладу в практичній медицині для неінвазійного скринінгового обстеження сільських мешканців із метою ранньої діагностики анемічних станів, характерних для чорнобильської зони, і подальшої діагностики патології, у тому числі онкологічної, що їх супроводжує. Вважають, що прилад буде також корисним і для діагностики професійних захворювань.

Інтелектуальний сенсор «Мікроциркуляція» неінвазійно визначає стан мікроциркуляторної ланки системи кровообігу. Ця ланка є складником серцево-судинної системи. Найменші порушення в мікроциркуляторній ланці викликають негативні реакції всього організму. Тому так важливо знати не тільки стан мікроциркуляторної ланки кровообігу, але і його здатність відновлюватися після різноманітних стресів та непередбачуваних впливів.

Дослідний зразок приладу передано в Інститут медицини праці для випробування.

#### **ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ СЕНСОР «АЦЕТОМЕТР»**

Унаслідок захворювання деяких внутрішніх органів підвищується рівень ацетону в повітрі, яке людина видихає. Розроблений прилад дає змогу оперативно визначати цей рівень, діагностувати захворювання, зокрема, на ранній стадії. Приладом зацікавився Інститут ендокринології АМН України, а також Вінницька клінічна лікарня.

Завершується розроблення трьох різновидів інтелектуальних сенсорів на основі поверхневого плазмового резонансу. Це

відносно новий напрям у сенсоріці, який дуже інтенсивно розвивається в усьому світі завдяки унікальній чутливості і швидкості аналізу. Прилади, які ми розробляємо, орієнтовані на біохімічні дослідження, контроль якості харчових продуктів, застосування в медицині і ветеринарії.

Важливі результати в останні роки одержано в Міжнародному науково-навчальному центрі інформаційних технологій та систем (МННЦІТС). Варто відзначити передусім результати розроблення теорії побудови інтелектуальних інформаційних технологій (ІІТ), комп'ютерного образного мислення, комп'ютерно-телекомунікаційних середовищ. Розвинуто теорію структурного розпізнавання образів складних об'єктів, теорії навчання та самонавчання, теорії нейромережових технологій і оброблення інформації складної природи [49, 50]. Побудовано моделі з високими якість універсальності розпізнавання на базі моделей, які можуть самовдосконалюватися. Одержані результати дають змогу створювати комп'ютерні системи з принципово новими характеристиками, можливостями сприйняття та оперування знаннями, здійснювати не тільки логічні операції, але й образно мислити.

На основі одержаних теоретичних результатів розроблено функціонально-технологічні модулі базових інформаційних технологій (мовленнєвих, зорових, знання-орієнтованих) з високими функціональними характеристиками і можливостями вбудовуватись у сучасні комп'ютерні системи та комплекси. Створені класи ІІТ розпізнавання, розуміння та генерації знань орієнтовані на розв'язання складних задач, які не формалізуються.

На профільні підприємства Міністерства промислової політики України для серійного виробництва передано низку мікроелектронних наукоємних виробів, серед яких: голосовий телефонний секретар, цифро-



Рис. 7. «Фазаграф»



Рис. 8. «Тренар-1»

вий диктофон із голосовим управлінням, усний словник-перекладач «Глумач», система «Відеосек'юриті приміщення», біомедичні прилади персоніфікованого призначення «Фазаграф» (Рис. 7) і «Тренар-1» (Рис. 8). Розроблено й підготовано до впровадження у виробництво ряд оригінальних наукоємних мікроелектронних виробів, серед яких: мікроелектронний цифровий фотоапарат для фіксації тривимірних зображень «Стереовізор», мобільний телефон із голосовим управлінням і низка оригінальних мікроелектронних виробів «домашньої медицини». Налагодження серійного виробництва високотехнологічних наукоємних виробів такого класу зумовлює створення в Україні сучасної мікроелектронної галузі.

Науковці МННЦІТС під керівництвом В.І. Гриценка зробили [51] значний внесок у становлення основних напрямів розвитку науково-технічної політики України в галузі стандартизації інформаційних технологій та їх використання під час реалізації галузевих, державних і національних програм інформатизації. Створено та впроваджено більше як 50 національних стандартів України, гармонізованих із сучасними міжнародними стандартами. Разом з іншими інститутами НАН України, міністерствами та відомствами України розроблено український сегмент Міжурядової програми ЮНЕСКО «Інформація для всіх».

Одержано важливі результати, що становлять основу наукової й методологічної платформи створення перспективних технологій і систем навчання. Розвинено нові розділи в теорії навчального діалогу й комп'ютерної дидактики. Створено першу комп'ютерну дидактичну лабораторію для відпрацювання й вибору педагогічних і науково-технічних рішень у проектах комп'ютеризації навчання. Розроблено й проведено перший в Україні й на всьому пострадянському просторі курс «Основи використання комунікаційних технологій мережі Інтернет». Реалізовано оригінальну концепцію гнучких дистанційних технологій навчання, що забезпечують у реальному масштабі часу прямий контакт викладачів і слухачів та доступ до світових освітніх ресурсів. При цьому досягнуто можливості контролю засвоєння знань і коригування навчальних програм.

Розроблено нові підходи до побудови національних систем електронного навчання, що істотно прискорюють процеси інформатизації освіти, досягнення масової комп'ютерної й інформаційної грамотності [52].

У біологічній і медичній кібернетиці створено нові технології та засоби діагностики й лікування складних захворювань

серцево-судинної системи, порушень мозкового кровообігу й цукрового діабету. Це дуже важливий крок на шляху розвитку в країні галузі електронної інформаційної медицини [53].

#### **ТЕОРІЯ КЕРУВАННЯ СКЛАДНИМИ ОБ'ЄКТАМИ І ПРОЦЕСАМИ**

**К**ібернетика — наука про керування, тому математична теорія керування покликана відігравати головну роль серед різних наукових напрямів указанного профілю.

Перші роки існування інституту відзначені бурхливим розвитком теорії керування та розширення її практичних застосувань, особливо в космічній галузі, автоматичі та оборонній сфері. На цей період припадає розроблення методу динамічного програмування Беллмана, винайдення принципу максимуму Понтрягіна, фільтра Калмана, застосування апарату функцій Ляпунова для отримання умов стійкості й дисипативності динамічних систем, розв'язання задачі Льютова про побудову нелінійних регуляторів.

Загальний ентузіазм і розвиток у світі прикладної математики привернули увагу таких видатних учених, як О.Г. Івахненко, О.І. Кухтенко, В.М. Кунцевич, Б.М. Пшеничний.

Поряд із ґрунтовними розробками в галузі дослідження лінійних систем із зосередженими параметрами здійснено глибокий аналіз систем керування об'єктами з розподіленими параметрами та широких класів нелінійних систем, у тому числі гібридних, функціонування яких має імпульсний характер.

Важливі результати отримано з проблеми прийняття рішень в ергатичних системах та їх застосування для дослідження логіко-динамічних систем. Розроблено структуру мінімаксних регуляторів і засоби оптимального проектування прискорю-



вальних та фокусувальних систем заряджених частинок, систему керування рухомими об'єктами з інформаційним блоком у вигляді високоточного та перспективного навігаційного пристрою — безплатформеної інерціальної навігаційної системи. Побудовано алгоритми знаходження параметрів руху об'єкта за даними елементів навігаційної системи й розглянуто можливості корекції безплатформеної навігаційної системи з використанням супутникових радіонавігаційних засобів.

Однією з найскладніших у теорії керування є проблема керування системами з розподіленими параметрами. Виконано великий цикл робіт, пов'язаних із забезпеченням рівноваги тероїдальної плазми в термоядерних установках за допомогою автоматично керованого поперечного магнітного поля. Дослідження, що стосуються керування високотемпературною плазмою, стимулювали розвиток методів керування швидкоплинними процесами в суцільних середовищах, побудову систем автоматичного керування об'єктами, які описують за допомогою моделей хімічної кінетики та математичної фізики. Зокрема, створено системи автоматичної стабілізації температури дуги плазмотрона, температури термоядерного горіння в реакторі, проведено дослідження різних типів нестійкості в низько- та високотемпературній плазмі, рідкісних металах, течіях рідини. Розроблені активні керувальні середовища використано для ліквідації швидкоплинних нестійкостей у щільних потоках заряджених частинок, для перебудови частоти лазера та резонатора, побудови екранів-покриттів, а також в інших ситуаціях керування електрофізичними об'єктами.

Подальшого розвитку набули ідеї Ж.-Л. Ліонса, зокрема його метод допустимих пар для дослідження неоднорідних розподілених систем, стани яких описують за допомогою крайових та початково-крайових задач

з умовами спряження неідеального контакту. При певних додаткових припущеннях побудовано обчислювальні схеми підвищеного порядку точності для визначення оптимальних керувань [54].

При дослідженні керованих процесів майже завжди існує певна невизначеність, що може мати різну природу. Тому актуальне питання робастної стійкості для відповідного класу динамічних систем, а також розроблення методів оцінювання фазового стану і параметрів об'єкта. Розроблено оригінальні методи мінімаксного оцінювання, що базуються на побудові апроксимувальних еліпсоїдів.

Усесвітньо відомий сьогодні індуктивний метод моделювання та прогнозу випадкових процесів [55], що отримав назву методу групового врахування аргументів (МГВА). Він вирізняється з-поміж інших активним застосуванням принципів автоматичної генерації варіантів, послідовної селекції моделей та зовнішніх критеріїв для побудови моделей оптимальної складності, має багаторядну процедуру автоматичної генерації структур моделей, що імітує процес біологічної селекції з попарним урахуванням послідовних ознак. Таку процедуру в науковій термінології називають поліноміальною нейтронною мережею.

При керуванні динамічними процесами наявна тут невизначеність може формалізуватися різними способами. Залежно від цього розробляють і відповідну математику. Широкий спектр спеціальних проблем із цього напрямку висвітлює монографія В.М. Кунцевича [56], присвячена сучасним методам аналізу й синтезу систем керування, що функціонують в умовах невизначеності, породженої відсутністю відомостей щодо точних значень параметрів об'єктів керування та характеристик неконтрольованих збурень та перешкод, які діють на них. На відміну від іще доволі поширеного підходу, що ґрунтується на гіпотезі про

стохастичну природу всіх невизначених величин і процесів, щодо них висловлюють лише одне припущення: вони обмежені апіорі заданими множинними оцінками. При цьому для отримання гарантованого результату задачу аналізу стійкості систем керування зводять до аналізу робастної стійкості, а задачу синтезу — до відповідної мінімаксної задачі, на основі чого розроблено методи отримання гарантованих оцінок векторів параметрів об'єктів керування.

Іншим засобом побороти невизначеність при керуванні рухомими об'єктами є ігровий підхід [57, 58]. Більше того, можна вважати, що невизначеність має таку природу, яка протидіє виконанню вихідного завдання. Інститут кібернетики вже давно є одним із відомих науковій спільноті світових центрів з теорії динамічних ігор. Його заснував Б.М. Пшеничний. У науковій конкуренції з провідними школами Л.С. Понтрягіна та М.М. Красовського тут розроблено низку фундаментальних методів дослідження конфліктно-керованих процесів.

Ці методи застосовують передусім в оборонному комплексі. Проектувальникам ракетної та космічної техніки добре відомі методи кривої погоні, паралельного переслідування, пропорційної навігації, постійного кута упередження і т. д. Ці надзвичайно важливі способи перехоплення керованих цілей (згадаймо 11 вересня 2001 р.) обґрунтовані за допомогою математичних методів динамічних ігор. Так, метод розв'язувальних функцій [57], розроблений в Інституті кібернетики, дає повне обґрунтування правила паралельного зближення. Для цього потрібно було ввести нове математичне поняття, так звані обернені функціонали Мінковського, та, використовуючи техніку багатозначних відображень, побудувати спеціальні числові функції, які інтегрально характеризують хід гри. Метод здобув широке визнання. Зауважимо, що з нього випливає перший

прямий метод Понтрягіна при виродженні, тобто перетворенні в  $+\infty$ , розв'язувальної функції. При цьому слід зазначити, що в єдиній схемі охоплено ігрові задачі з групами переслідувачів та втікачів, із фазовими обмеженнями, можлива різна динаміка об'єктів: інтегральні, інтегро-диференціальні, диференціально-різницеви рівняння та рівняння з дробовими похідними.

Метод розв'язувальних функцій має важливе практичне застосування. За його допомогою створено систему керування м'якою посадкою (літака на авіаносець), систему керування космічними апаратами, що рухаються по еліптичних орбітах, систему «динамічний комівояжер», яка ефективно функціонує лише завдяки розробленому в Інституті кібернетики комплексу з широкими можливостями паралельних обчислень.


Щодо погонної кривої або кривої Ейлера, то в Інституті кібернетики розроблено загальний метод позиційного зближення, що узагальнює правило екстремального прицілювання М.М. Красовського, а в разі наявності групи переслідувачів є новим ефективним засобом дослідження конфліктно-керованих процесів. При цьому для простого руху обґрунтовано правило руху прямо на супротивника, тобто погонну криву.

Теорія уникнення сутичок дає можливість охопити широке коло прикладних задач. Як відомо, при посадці літаків у аеропортах важливу роль відіграють повітряні коридори. Щоб уникнути сутичок у повітрі та на землі, диспетчерові необхідно правильно скласти розклад руху, а також бути готовим утрутитися в ситуацію, що загрожує стати аварійною. У цьому разі корисні розрахунки з моделювання руху керованих об'єктів. Подібні проблеми виникають і в морських та океанських портах, у місцях великого скупчення плавзасобів.

Одним із найважливіших розділів теорії конфліктно-керованих процесів є задачі

пошуку рухомих об'єктів, що безпосередньо застосовують під час розроблення систем і моделювальних комплексів для ВМФ. Розроблено кліткову модель пошуку, пов'язану з дискретизацією процесу пошуку як за часом, так і за станом. Замість рівнянь руху гравців на скінченній множині станів задають закон перетворення функції розподілу станів, причому перехідна стохастична матриця залежить від керування гравцями. Такий процес називають білінійним та Марковським. Для його дослідження використовують техніку скінченних або злічених ланцюгів Маркова, а для оптимізації ймовірності визначення середнього часу — дискретний принцип максимуму або метод динамічного програмування. Розглянуто пошук із допомогою групи різнорідних об'єктів з обміном і без обміну інформацією в групі, прихований пошук, ураховано залежність радіуса виявлення від швидкостей руху, досліджено проблему пошуку під час взаємодії угруповань. Розроблено програмно-алгоритмічний комплекс і тренажер для моделювання та оптимізації процесів пошуку та стеження за керованими об'єктами у водному середовищі в умовах активної протидії.

#### **ДЕЯКІ ПІДХОДИ ДО РОЗРОБЛЕННЯ ЗАСОБІВ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ В КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ**

 о 70-х років ХХ ст. фахівці з управління, економіки, фінансів, банківської справи мало розумілися в царині криптографії. У другій половині 70-х років ситуація змінилася. По-перше, з розвитком мереж зв'язку і широким використанням ЕОМ необхідність у криптографічному захисті інформації стало усвідомлювати дедалі ширше коло фахівців. По-друге, винайдення американцями У. Діффі і М. Хеллманом двоключової криптографії створило сприятливі умови для задоволення комер-

ційних потреб у секретності, усунувши такий суттєвий недолік класичної криптографії, як складність поширення ключів.

В Україні попит на методи і засоби захисту інформації почав зростати в другій половині 80-х років ХХ ст. На сьогодні криптографію успішно використовують майже в усіх інформаційних системах — від електронної пошти до стільникового зв'язку, від баз даних до Інтернету. Без неї забезпечити потрібний ступінь конфіденційності в сучасному комп'ютерному світі вже неможливо. Крім цього, за допомогою криптографії запобігають спробам шахрайства в системах електронної комерції, забезпечують законність фінансових угод, мають можливість захищати державні інтереси, інформацію для військового та дипломатичного зв'язку.

Актуальні питання використання методів захисту інформації криптографічними та стеганографічними засобами, які ґрунтуються на наукоємних фундаментальних дослідженнях. Це стосується передусім створення захищених баз даних, шифрування, розшифрування інформації, електронного цифрового підпису, криптографічних протоколів, захисту мереж тощо.

В Інституті кібернетики імені В.М. Глушкова впродовж уже більше як 35 років працює створений та очолюваний академіком НАН України І.М. Коваленком колектив, який проводить дослідження [59] в галузі теоретичної та прикладної криптографії. Фундаментальні й прикладні розробки, виконані цим колективом, поцінують не тільки в Україні, але й у Росії, Білорусі та в інших країнах.

Зокрема, використовуючи апарат теорії імовірностей та алгебраїчної теорії модулів, створено ефективні методи дослідження систем випадкових рівнянь над довільними скінченними полями та скінченними кільцями. Отриманий за допомогою апарату теорії груп і методів комбінаторно-

го аналізу опис деяких класів рівномірних булевих функцій дозволив розв'язати актуальну задачу, яка виникає під час дослідження симетричних систем захисту інформації [60].

Розроблено та введено в дію Державний стандарт України 4145–2002 «Інформаційні технології. Криптографічний захист інформації. Цифровий підпис, що ґрунтується на еліптичних кривих. Формування та перевіряння». Він устанавлює механізм цифрового підписування, що ґрунтується на властивостях груп точок еліптичних кривих над скінченними полями характеристики-2, та правила застосування цього механізму до повідомлень, що їх пересилають каналами зв'язку та/або обробляють у комп'ютеризованих системах загального призначення.

Розроблено структуру цифрового конверта й протоколи його формування і декодування на основі вітчизняних криптоалгоритмів.

З 1990 року в Інституті кібернетики імені В.М. Глушкова під керівництвом члена-кореспондента НАН України В.К. Задіраки проводять дослідження [61] з підвищення продуктивності систем двоключової криптографії та побудови стеганографічних алгоритмів приховування інформації [62].

Зокрема, побудовано ефективні алгоритми виконання операцій з надвеликими (з діапазону [1024, 5000] бітів для запису одного числа) числами. Значну увагу приділено оптимізації алгоритмів типу Карацуби-Офмана, Шонхаге-Штрассена, Монтгомері. На основі запропонованих алгоритмів разом із Міністерством оборони України розроблено програмно-апаратний комплекс «Арифметика». Використання програмно-апаратного комплексу дає можливість поліпшити продуктивність систем двоключової криптографії.

З 1996 року почала динамічно розвиватися нова наука — комп'ютерна стегано-

графія, мета якої — приховати сам факт існування конфіденційної інформації. Бурхливий розвиток комп'ютерної стеганографії пов'язаний із розвитком інформаційних технологій через наявність обмежень на використання криптозасобів та актуальність проблеми захисту інтелектуальної власності. Для розв'язання задач комп'ютерної стеганографії розроблено нові підходи до побудови стеганоконтейнерів, стійких до пасивних та активних атак. Ці підходи базуються на використанні результатів теорії імовірностей і математичної статистики, теорії похибок заокруглень, теорії швидких ортогональних перетворень та цифрового оброблення сигналів. Отримані результати доведено до відповідних комп'ютерних технологій і програмного комплексу.

У процесі розвитку суспільства різних країн поступово переходять від традиційних форм збереження цінних інформаційних даних (паперових документів суворої звітності) і цінних паперів (грошей, векселів) до їх електронних аналогів, коли вони повинні існувати як у паперовому, так і в електронному вигляді, або до гібридних документів, наприклад, паперового чи пластикового паспорта, який містить біометричні дані й інші цифрові дані про людину на мікрочипі, що вміщений у паспорт.

Україні, щоб не відстати від сучасних технологій, необхідно рухатися шляхом розроблення і впровадження інтелектуальних (чипових) пластикових карток (смарт-карток), токенів, кишенькових комп'ютерів, смарт-фонів. Ефективність таких носіїв інформації для цифрових паспортів, посвідчень водіїв, електронних грошей визнано у світі. Важливо врахувати й досвід інших країн, не повторювати їхніх помилок і не впроваджувати застарілі технології (наприклад, пластикові картки з магнітною стрічкою).

З метою забезпечення подальшого розвитку нашого суспільства, зокрема в еко-



номічній сфері, необхідно реформувати систему грошового обігу, побудовану на паперових носіях, на основі сучасних інформаційних (електронних) технологій, впровадженні механізмів масових електронних платежів на основі смарт-карток і криптографічних систем захисту інформації.

Система електронного грошового обігу може ефективно працювати на основі електронних грошей (електронних платіжних засобів), різного типу електронних кредитних карток, зокрема на основі смарт-карток, електронних векселів (як засобів розрахунків за будь-які товари і послуги, так і засобів кредитування). Усе це визначає появу нового поняття — «спеціальний цифровий носій інформації» [63].

Розроблено методи й комп'ютерні технології захисту інформації на спеціальних цифрових носіях (інтелектуальних картках, цифрових паспортах, електронних грошах і цінних паперах) на основі використання сучасних математичних методів двоключової криптографії.

Крім Академії наук, у галузі теоретичної та прикладної криптографії плідно працюють і вчені Національного університету імені Тараса Шевченка, Національного технічного університету України «КПІ», Харківського державного технічного університету радіоелектроніки, «Львівської політехніки» та інших.

Для розв'язання складних задач криптоаналізу з'явилися нові можливості, які надають сучасні суперкомп'ютери.

#### **МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕКОЛОГІЇ**

В останні роки особливо зросла роль математичного моделювання з використанням сучасних комп'ютерних технологій. Для дослідження складних динамічних процесів різноманітної природи неможливо використати традиційні натур-

ні експерименти, особливо при наявності критичних режимів функціонування, небезпечних для навколишнього середовища; при обґрунтуванні конструкторського проекту; при дослідженні об'єктів мікро- та макросвіту; при значних розмірах об'єкта, великому проміжку часу його функціонування.

Математичне моделювання екологічних процесів зводять здебільшого до розв'язання крайових (початково-крайових) задач математичної фізики для рівнянь (систем рівняння) із частинними похідними. Побудову автоматизованих засобів розв'язання цих задач започатковано створенням спеціалізованих програм і бібліотек програм із жорсткою структурою і коротким життєвим циклом функціонування. Бажання створити універсальні автоматизовані системи (без суттєвої втрати ефективності) спонукало до розроблення пакетів прикладних програм (ППП) і систем підтримки прийняття рішень (СППР).

Одною з перших систем для розв'язання задач аналізу стану земляних масивів, підземних вод є система, яку створено в Інституті кібернетики й описано в роботі І.І. Ляшка, І.В. Сергієнка, Є.Є. Мистецького, В.В. Скопечького [64]. Вона дала змогу в автоматичному режимі організувати обчислювальний процес, аналітично й геометрично формулювати задачі, відображати результати експерименту, конструювати алгоритми, оптимальні за критеріями точності, швидкості, ефекту загальної пам'яті. Найбільшими перевагами цього пакета були його універсальність і узагальнені алгоритми розв'язання задач. До недоліків системи [64] слід віднести недосконалість технічної бази її реалізації та відсутність сіткових математичних методів скінченних різниць і скінченних елементів у її проблемному забезпеченні.

З появою БЕСМ-6 — найефективнішої машини минулого століття для проведення

обчислювальних експериментів — на цій базі створено нову систему ФСП-ОС [64]. Реалізація різноманітних схем скінченних різниць суттєво розширила функціональні можливості предметної сфери, зокрема, щодо дослідження нестационарних процесів, розв'язання задач з невідомої частинної межі тощо.

Високоєфективними сучасними системами моделювання складних екологічних процесів у всіх трьох сферах є створені під керівництвом В.С. Дейнеки та В.В. Скопечького автоматизовані комплекси серії САРПОК [65], НАДРА, НАДРА-3D [66, 67], що функціонують на ПЕОМ і кластерних комп'ютерах.

Система САРПОК, значна кількість підсистем якої реалізована на обчислювальних комплексах СКІТ, — це багатофункціональна універсальна інформаційна технологія. Крім схем Рітца та Гальоркіна, для методу скінченних елементів у САРПОК реалізовано також метод скінченних різниць та символічний метод Лур'є [68]. Слід відзначити високу ефективність методу Лур'є під час розрахунку екологічного стану в необмежених областях при неузгодженості кількості заданих початкових і крайових умов із порядком диференціального оператора. За допомогою цього методу вдається ідентифікувати параметри, яких не вистачає під час формулювання задач. В.В. Скопечький, В.А. Стоян і Ю.Г. Кривонос розвинули метод, що базується на заміні диференціальної моделі інтегральною [68]. Зазначений метод та запропоновані ідентифікаційні підходи до побудови цієї моделі просторово-часового процесу дали змогу значно вдосконалити методику математичного моделювання різноманітних фізико-механічних процесів.

Реалізовані в САРПОК математичні моделі розсіювання забруднень в атмосфері і повітряному просторі виробничих приміщень дають можливість досліджувати стан

екології на локальному (декілька кілометрів), глобальному з усередненням по висоті (сотні кілометрів) рівнях, а також усередині приміщень із вибором оптимальних схем видалення забруднень місцевими вентиляційними засобами, у тому числі на етапі проектування витяжної мережі. Математичні моделі, що описують нестационарні швидкоплинні процеси, дають змогу дослідити розсіювання забруднень в атмосфері під час аварій, вибухів та в інших надзвичайних ситуаціях.

Для дослідження поширення забруднень в акваторії річок, проточних водоймищах використано дві математичні моделі. Для дослідження забруднення поверхневих вод на невеликій ділянці, наприклад рівній ширині русла річки, враховують геометрію річища, наявність у ньому приток і островів, а сам процес моделюють рівнянням Нав'є-Стокса з урахуванням теорії «мілкої води». Найбільш характерне для цієї моделі поширення забруднень поблизу джерел викидів, забруднення з островів, барж.

При дослідженні процесів забруднення земляних масивів, стійкості, надійності схилів, гребель, фільтраційних режимів у гідротехнічних спорудах у системі САРПОК використовують як класичні математичні моделі фільтрації, масотеплоперенесення, пружно-деформованого стану, так і отримані нові моделі, що описують фізико-механічні, хімічні процеси в цих екологічних середовищах.

За допомогою інформаційної технології САРПОК проведено дослідження таких явищ:

1. Фільтраційні процеси і міграція радіоактивних елементів із ставка-охолоджувача ЧАЕС у р. Прип'ять.
2. Деформування фільтрувального схилу проектованої потужної Канівської ГАЕС.
3. Транспортування забруднень річищем Дніпра з урахуванням зарегульованості стоку греблями ГЕС.

4. Поширення антропогенних викидів містами та промисловими центрами в регіоні Придніпров'я – Донбас.
5. Стійкість, надійність складної геологічної структури земляних масивів, що перебувають під дією фільтраційних потоків та інших фізико-механічних процесів.
6. Перенесення забруднень із смітників, відстійників на території України в її водні артерії (Дніпро, Прип'ять, Десна).

Численні спостереження за різними процесами, які відбуваються в ґрунтових середовищах, засвідчують про залежність їхнього розвитку від складної будови самих середовищ, зокрема, від наявних слабкотривких, слабопроникливих прошарків, продовгуватих тріщин.

Незважаючи на те що товщини зазначених прошарків набагато менші від характерних розмірів інших складників багатокомпонентних тіл, такі прошарки здійснюють значний вплив на розвиток основних процесів середовищ і часто відіграють роль основних чинників певних негативних явищ: на слабкотривких прошарках формуються поверхні зрушень ґрунтових мас, відбувається нерівномірне забруднення ґрунтів тощо. Властивість слабопроникливості часто використовують як позитивний фактор, створюючи тонкі протифільтраційні елементи з метою запобігання суфозії, обводнення слабкотривких складників тощо.

З огляду на те, що зазначена неоднорідність визначальна в розвитку основних процесів, характерних для багатокомпонентних ґрунтових об'єктів природного чи штучного походження, не варто нехтувати цією особливістю. Оскільки традиційні математичні моделі опису процесів руху рідини, механічного деформування, що базуються на різноманітних засадах заміни багатокомпонентних тіл із включенням відповідних однорідних тіл, неприйнятні, у

роботах В.С. Дейнеки та І.В. Сергієнка [66, 67] запропоновано нові математичні моделі як принципово нові класи математичних задач із розривними розв'язками. Автори розробили методика побудови шляхом використання класів розривних функцій і сформулювали відповідні класичні узагальнені задачі, визначені на вказаних класах розривних функцій.

У згаданих дослідженнях В.С. Дейнеки та І.В. Сергієнка шляхом використання класів розривних функцій методу скінченних елементів розроблено методика побудови обчислювальних схем підвищеного порядку точності визначення наближених розривних розв'язків широкого кола зазначених класів задач.

Сформульовані й теоретично досліджені нові класи математичних задач із розривними розв'язками, розроблені й теоретично обґрунтовані обчислювальні алгоритми підвищеного порядку точності їх чисельного аналізу [66, 67] становлять потужну теоретичну платформу для сучасних інформаційних технологій аналізу за допомогою суперкомп'ютерів серії СКІТ процесів у складних багатокомпонентних середовищах, що частково реалізовані в автоматизованих системах НАДРА, НАДРА-3D, а отже, розрахунку двовимірних – профільних / площинно паралельних процесів руху рідини, механічного деформування багатокомпонентних тіл із прошарками; тривимірних (просторових) процесів у довільних просторових багатокомпонентних тілах із довільно розташованими в просторі тонкими включеннями / тріщинами.

Комплекс НАДРА-3D (Рис. 9), розроблений під керівництвом В.С. Дейнеки [67], реалізовує сучасну інформаційну технологію з дослідження просторових процесів у багатокомпонентних неоднорідних середовищах із використанням можливостей багатопроцесорних кластерів СКІТ-2, СКІТ-3.

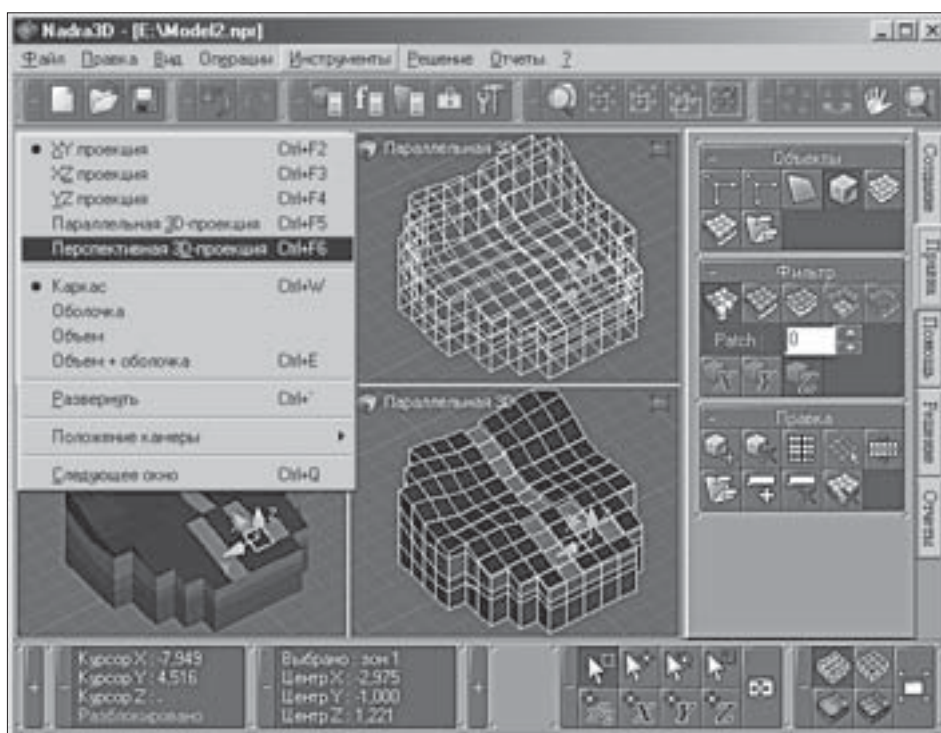


Рис. 9. Комплекс НАДРА-3D

За допомогою цієї системи, за даними академіка НАН України В.М. Шестопалова, проаналізовано вплив тривалого інтенсивного використання підземних вод на динаміку фільтраційного режиму в ґрунтовому масиві значних розмірів Київської промислово-міської агломерації (розміри поверхні – 180 км×240 км, глибина – 1 тис. м). Тривалість інтенсивного водовідбору – 28 років. Задачу розв'язано за допомогою суперкомп'ютера СКІТ-3 за 45 годин.

Слід зазначити, що успішність дослідження стану й поведінки складних об'єктів значною мірою залежить від точності вихідних даних. Особливо складно це забезпечити для підроблених масивів ґрунту.

Цілковито розв'язати цю проблему можна, ідентифікувавши зазначені параметри шляхом розв'язання відповідних обернених задач за умов використання даних певних моніторинґів.

Для розглянутих проблемних задач екології вдалося отримати ряд оцінок якості розв'язків (за точністю, часом, залежністю від похибок вхідних даних) при їх реалізації на схемах із різною глибиною розпаралелювання алгоритмів, різній кількості процесорів-обчислювачів і процесорів-менеджерів. Прикладом вдалого розв'язання цих проблем на класах задач лінійної алгебри, спектральних задач і систем нелінійних рівнянь із наближеними вхідними даними є проєкт «ІНПАРКОМ» [70].

Однак до повного розв'язання цих проблем на суперкомп'ютерах СКІТ із гарантованою достовірністю для всіх класів задач і методів обчислювальної математики потрібно ще виконати великий об'єм наукових досліджень. Про складність цієї проблеми свідчить, зокрема, такий факт. Протягом 20 останніх років у 30 країнах працюють експертні групи Агентства NAFEMS



(National Agency Finite Element Method and Standarts, UK) з дослідження достовірності інженерних розрахунків на основі застосування схем методу скінченних елементів.

#### **ПРОБЛЕМИ ПОБУДОВИ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ ТА КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖ**

Акцентуючи увагу на ролі систем телекомунікацій у розвитку інформаційного суспільства, доцільно згадати, що ще наприкінці 50-х років у Обчислювальному центрі АН УРСР було реалізовано ідею дистанційного оброблення інформації на ЕОМ «Київ», яка опрацьовувала інформацію, передану радіоканалом із дослідницького судна, що перебувало в Атлантиці. У 1960 р. уперше в світі за допомогою ЕОМ «Київ» проведено експерименти з дистанційного управління технологічними процесами в конверторному цеху Дніпродзержинського металургійного комбінату, відстань від якого до місця розташування машини перевищувала 500 км.

Подальшим розвитком ідеї дистанційного оброблення інформації та управління стало створення мереж передачі та оброблення інформації. У 1962 році В.М. Глушков запропонував проект Єдиної державної мережі обчислювальних центрів для оброблення економічної інформації.

Було розроблено перший ескізний проект Єдиної державної мережі обчислювальних центрів, що включав близько 100 центрів у великих промислових містах і центрах економічних районів, об'єднаних ширококутовими каналами зв'язку. Ці центри, розподілені по території країни, відповідно до конфігурації системи мали об'єднуватися з рештою центрів, зайнятих обробленням економічної інформації. Їх кількість тоді було визначено 20 тисячами. Це великі підприємства, міністерства, а також куцові центри, що обслуговували дрібні підприємства. Було розроблено низку питань, пов'язаних із захистом інформа-

ції. У світі аналогічної мережі не існувало. Проект до 1977 р. був секретним.

Також варто нагадати, що розробки Інституту кібернетики в 70-х роках у межах проектів «Дискет» і «Дисперс» зумовили створення перших вітчизняних радіомереж із пакетною комутацією. Такі мережі давали можливість об'єднати на рівноправній основі певну кількість великих ЕОМ і мережеві термінали доступу до них.

Таким чином, ідея вітчизняного прообразу сучасних комунікаційно-обчислювальних мереж, так званих Grid-систем, сягає 60–70 років, починаючи з розробок В.М. Глушкова та його учнів. Сьогодні ж ми маємо лише інший рівень техніки: ЕОМ — у вигляді суперкомп'ютерів, а канали зв'язку — у вигляді надшвидкісних волоконно-оптичних телекомунікаційних систем передачі інформації.

Основою технічних рішень волоконно-оптичної передачі великих обсягів інформації наприкінці ХХ сторіччя в усьому світі стали бурхливий розвиток і застосування в телекомунікаціях оптичних транспортних систем нової технології — синхронної цифрової ієрархії SDH (Synchronous Digital Hierarchy). На базі цієї технології у розвинених країнах світу створено високошвидкісну універсальну транспортну мережу. В останні роки в усьому світі здійснюється перехід до повністю оптичних транспортних мереж, які ще називають фотонними транспортними мережами PTN (Photon Transport Networks).

Для розв'язання проблеми збільшення пропускної здатності оптичних транспортних систем застосовують нову технологію використання оптичного волокна, яка отримала назву мультиплексування з розподілом по довжині хвилі WDM (Wavelength Division Multiplexing). Використання цієї технології та її різновидів у межах ідеології фотонних транспортних систем, як свідчать розробки останніх років, дало змогу збіль-

шити пропускну здатність одного оптичного волокна в сотні і навіть тисячі разів. Шляхом побудови підводних і частково підземних волоконно-оптичних ліній передачі з використанням різних технологій хвильового мультиплексування побудовано глобальну мережу FLAG (Fiber Optical Link Around the Globe), яка об'єднує сьогодні всі континенти й десятки операторських компаній. Вона обслуговує 90 % усесвітнього трафіку.

Волоконно-оптичні транспортні мережі в Україні загалом відповідають міжнародним стандартам. Працює декілька оптичних транспортних мереж, які охоплюють усю територію країни. Найбільшу транспортну магістральну мережу довжиною близько 15 тис. км побудував «Укртелеком», 12 тис. км — компанія «Білайн». Компанія «Київстар» модернізувала свої мережі за технологією DWDM (Dense Wave Division Multiplexing) і забезпечує пропускну здатність 320 Гбіт/сек. Усі районні центри підключені до загальноукраїнської мережі щонайменше двома оптичними лініями. Передбачено можливість нарощування кількості оптичних каналів зв'язку із сьогоднішніх 8 до 64 шляхом доукомплектації платами спектрального ущільнення.

У Національній академії наук у межах Програми інформатизації НАН України (керівник академік А.П. Шпак) з метою сприяння підвищенню ефективності та якості проведення наукових досліджень за рішенням Комітету Верховної ради України з питань науки і освіти та за фінансової підтримки Уряду України в системі Української академічної дослідницької мережі (УАРНЕТ) побудовано Академічну мережу обміну даними НАН України, яка становить основу для оперативної взаємодії установ і науковців як усередині держави, так і поза нею. Опорна багатокільцева оптоволоконна магістраль мережі об'єднує 145 наукових установ усіх наукових цен-

трів НАН та МОН України в Києві, Харкові, Донецьку, Дніпропетровську, Сімферополі, Одесі, Львові й має вихід на національну науково-освітню мережу Польщі. Її пропускну спроможність завдяки використанню технології DWDM досягає 10 Гбіт/сек., що важливо для забезпечення потреб науки. Подальший розвиток мережі передбачає її з'єднання з аналогічними мережами інших країн-сусідів, передусім із російською та європейською мережею GEANT.

Топологію кільцевої магістралі АМОД показано на рис. 10.

Академічна мережа обміну даними перебуває в дослідній експлуатації. Її сьогодні використовують з метою надання науково-освітнім установам різноманітних послуг. Особливо слід відзначити створення на базі мережі першого в Україні Grid-сегмента, який забезпечує колективне використання високопродуктивних інформаційно обчислювальних ресурсів (кластерів), розміщених у низці установ НАН та МОН, частина з яких уже є учасниками ряду Grid-проектів Європи. Зокрема, НАН України є офіційним учасником міжнародного проекту WLCG, спрямованого на обслуговування новітніх експериментів на прискорювачі в ЦЕРНі. На базі мережі зроблено значні кроки у вирішенні питань побудови академічної системи комп'ютеризованих наукових інформаційних ресурсів. Серед інших розроблено й передано в дослідну експлуатацію Національній бібліотеці України ім. В.І. Вернадського наукову електронну бібліотеку періодичних видань НАН України.

На увагу заслуговує українська науково-освітня мережа УРАН, створена за рішенням Міністерства освіти і науки України та НАН України. Сьогодні мережа УРАН об'єднує понад 60 науково-дослідних та освітніх закладів (130 точок підключення) та експлуатує волоконно-оптичні мережі в десяти містах України загальною довжиною близько 150 км. Подальший розвиток

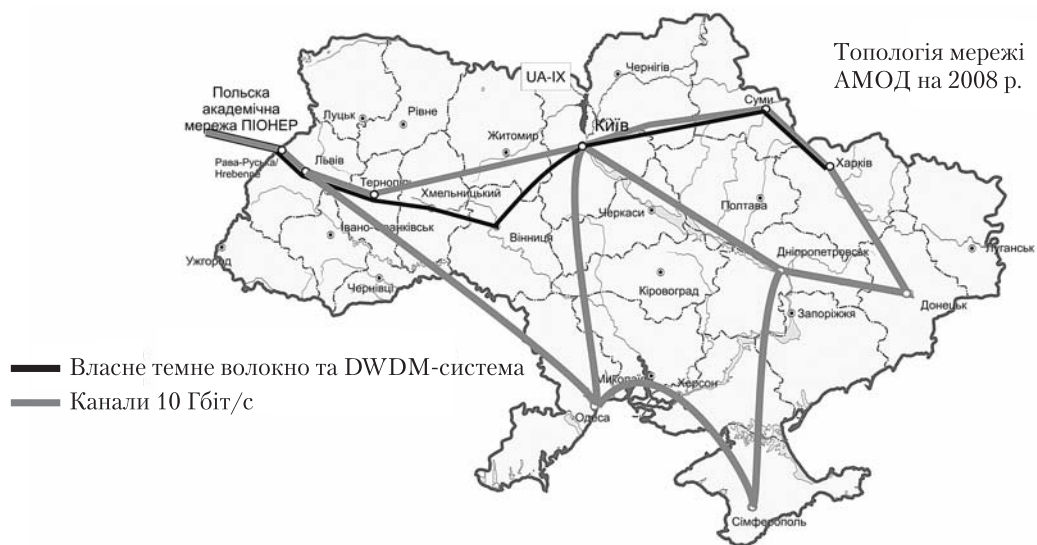


Рис. 10. Мережа АМОД

УРАН пов'язують не тільки з розбудовою каналної інфраструктури для підключення користувачів мережі, але й зі створенням власних інформаційних ресурсів, зокрема науково-освітнього порталу, електронних бібліотек, ресурсів системи дистанційного навчання та системи менеджменту сфери освіти (система «Освіта»), банків даних і знань, інформаційно-пошукових систем тощо. Актуальне питання інтегрування інформаційних ресурсів мережі УРАН і закладів НАН України. Окремо слід забезпечити доступ до ресурсів Центрів суперкомп'ютерних обчислень і даних та створення на основі системи УРАН Grid-інфраструктури для забезпечення наукових досліджень з інтеграцією в європейську Grid-систему.

Реалізація необхідних швидкостей передачі на рівні магістральних мереж технічно досяжна за умови використання оптичних транспортних систем, проте ще залишається проблема широкопasmового доступу до вузлів таких мереж. Тому суттєвим складником інформаційних систем має стати розв'язання так званої проблеми «останньої милі» за допомогою радіомереж, що

використовують нові технології безпроводового широкопasmового доступу. Цьому сприяють нагальні потреби у високошвидкісних технологіях передачі мультимедійного трафіку, постійне прагнення користувачів до безпроводової незалежності й економічна вигода від використання безпроводових технологій.

У цій сфері активно і плідно працюють учені НАН України, зокрема, Науководослідного інституту телекомунікацій Київської політехніки, який, згідно з Постановою Президії НАН України, з 2001 року проводить дослідження під науково-методичним керівництвом Відділення інформатики НАН України. У 2004 році доробок фахівців цього інституту під керівництвом члена-кореспондента НАН України М.Ю. Ільченка відзначений Державною премією України в галузі науки і техніки [71–73]. Серед розробок цього колективу доцільно відзначити такі:

- за участі компанії «Укрсат» спроектовано, побудовано й уведено в експлуатацію систему супутникового зв'язку з відповідною інфраструктурою, яка забезпечила потреби органів державного управління України в

наданні інформаційно-телекомунікаційних послуг та доступі до міжнародних інформаційних ресурсів;

— розроблено та освоєно (на НВП «Сатурн») випуск цифрових радіорелейних систем, що дало змогу побудувати на їхній базі телекомунікаційні системи різного призначення на територіях України, Росії, Китаю, Ірану та інших країн;

— розроблено й впроваджено (на ДП «Орізон-навігація») понад 30 моделей приладів глобальної навігаційної супутникової системи, які використовують десятки підприємств України, Росії, Білорусі та інших країн;

— розроблено принципи побудови телекомунікаційних систем на основі висотних аероплатформ, а також проект для України «Небесний стільник», який є вітчизняним аналогом наявних проектів для Японії, Великобританії, США та інших країн і має ряд переваг перед супутниковими й наземними системами;

— запропоновано та захищено 10 патентами родини мікрохвильових телерадіоінформаційних систем типу «Мітріс», які впроваджені для використання в багатьох містах України (Київ, Луганськ, Одеса, Запоріжжя, Чернівці, Кременчук та ін.) і виявили високу якість багатоканального телерадіомовлення та його надійність;

— запропоновано і впроваджено систему передачі багатопрограмного цифрового потоку даних каналами аналогових радіорелейних ліній.

Не всі актуальні питання розвитку інформатики тут викладені. Ця галузь науки динамічно розвивається. Попереду в її дослідників великі завдання і багато роботи.

41. Палагин А.В., Опанасенко В.Н. Реконфигурируемые вычислительные системы. — К.: Просвіта, 2006. — 280 с.
42. Морозов А.О., Косолапов В.Л. Інформаційно-аналітичні технології підтримки прийняття рішень

на основі регіонального соціально-економічного моніторингу. — К.: Наук. думка, 2002. — 232 с.

43. Патон Б.Е., Назаренко О.К., Нестеренков В.М., Морозов А.А., Литвинов В.В., Казимир В.В. Компьютерное управление процессом электронно-лучевой сварки с многокоординатными перемещениями пушки и изделия // Автоматическая сварка. — 2004. — №5. — С. 3–7.
44. Григорян Р.Д. Самоорганизация гомеостаза и адаптации. — К.: Академперіодика, 2004. — 501с.
45. Кузьмина К.И., Сёмик Т.М. Изучение индивидуального здоровья человека и коллектива в целом с позиции социопсихофизиологического подхода // Теория и практика управления социальными системами: философия, психология, педагогика, социология. — Харьков, 2004. — № 3. — С. 92–102.
46. Бойун В.П. Динамическая теория информации. Основы и приложения. — К.: Ин-т кибернетики им. В.М.Глушкова НАН Украины, 2001. — 326 с.
47. Войтович І.Д., Корсунський В.М. Інтелектуальні сенсори. — К.: Ін-т кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України, 2007. — 513 с.
48. Romanov V., Sherer V., Galelyuka I., Sarakhan Y., Skrypnyk O. Smart portable fluorometer for express-diagnostics of photosynthesis: principles of operation and results of experimental researches // International Journal «Information technologies and knowledge». — 2008. — Vol. 2. — №2. — P. 142–146.
49. Виницюк Т.К. Анализ, распознавание и интерпретация речевых сигналов. — К.: Наук. думка, 1987. — 264 с.
50. Шлезингер М.И. Математические средства обработки изображений. — К.: Наук. думка, 1989. — 199 с.
51. Гриценко В.И., Урсатъев А.А. Распределенные информационные системы. — К.: Наук. думка, 2006. — 317 с.
52. Гриценко В.И., Кудрявцева С.П., Колос В.В. Дистанционное обучение. — К.: Наук. думка, 2004. — 375 с.
53. Гриценко В.І., Котова А.Б., Вовк М.І., Кіфоренко С.І., Белов В.М. Інформаційні технології в біології та медицині. — К.: Наук. думка, 2007. — 382 с.
54. Sergienko I.V., Deineka V.S. Optimal Control of Distributed Systems with Conjugation Conditions. — New York: Kluwer Acad. Publ., 2005. — 400 p.
55. Ивахненко А.Г. Индуктивный метод самоорганизации моделей сложных систем. — К.: Наук. думка, 1982. — 296 с.
56. Куницевич В.М. Управление в условиях неопределенности: гарантированные результаты в задачах управления и идентификации. — К.: Наук. думка, 2006. — 262 с.
57. Chikrii A.A. Conflict Controlled Processes. — Boston-London-Dordrecht: Kluwer Acad. Publ., 1997. — 424 p.



58. *Kuntsevich V.M., Lychak M.M.* Guaranteed estimation, adaptation and robustness in control systems. — Berlin Springer, 1992. — 209 p.
59. *Коваленко И.Н., Левитская А.А., Савчук М.Н.* Избранные задачи вероятностной комбинаторики. — К.: Наук. думка, 1986. — 224 с.
60. *Коваленко И.Н., Левитская А.А.* Предельное поведение числа решений системы случайных линейных уравнений над конечным полем и конечным кольцом // Теория вероятн. и мат. статистика. — 1977. — №3. — С. 70–83.
61. *Задірака В.К., Олексюк О.С.* Комп'ютерна криптологія. — Київ-Тернопіль: Збруч, 2002. — 504 с.
62. *Задірака В.К., Олексюк О.С.* Комп'ютерна арифметика багаторозрядних чисел. — К.: Економічна думка, 2003. — 264 с.
63. *Задірака В.К., Кудін А.М., Людвиченко В.О., Олексюк О.С.* Комп'ютерні технології криптографічного захисту інформації на спеціальних цифрових носіях: — Київ-Тернопіль: Підручники і посібники, 2007. — 272 с.
64. *Ляшко И.И., Сергиенко И.В., Мистецкий Е.Е., Скопецкий В.В.* Вопросы автоматизации решения задач фильтрации на ЭВМ. — К.: Наук. думка, 1977. — 295 с.
65. *Сергиенко И.В., Скопецкий В.В., Дейнека В.С.* Математическое моделирование и исследование процессов в неоднородных средах. — К.: Наук. думка, 1991. — 432 с.
66. *Дейнека В.С., Сергиенко И.В.* Модели и методы решения задач в неоднородных средах. — К.: Наук. думка, 2001. — 606 с.
67. *Дейнека В.С., Сергиенко И.В.* Анализ многокомпонентных распределенных систем и системное управление. — К.: Наук. думка, 2007. — 703 с.
68. *Скопецкий В.В., Стоян В.А., Кривонос Ю.Г.* Математичне моделювання прямих та обернених задач динаміки систем з розподіленими параметрами. — К.: Наук. думка, 2002. — 361 с.
69. *Булавацький В.М., Бомба А.Я., Скопецкий В.В.* Нелінійні математичні моделі процесів геогідродинаміки. — К.: Наук. думка, 2007. — 291 с.
70. Численное программное обеспечение интеллектуального ММД-компьютера ИНПАРКОМ. — К.: Наук. думка, 2007. — 220 с.
71. *Ильченко М.Е., Бунин С.Г., Войтер А.П.* Сотовые радиосети с коммутацией пакетов. — К.: Наук. думка, 2003. — 266 с.
72. Микроволновые устройства телекоммуникационных систем: В двух томах / М.З. Згуровский, М.Е. Ильченко, С.А. Кравчук и др. — К.: Політехніка, 2003. — 1072 с.
73. *Ильченко М.Е., Кравчук С.А.* Телекоммуникационные системы на основе высотных аэроплатформ. — К.: Наук. думка, 2008. — 580 с.

*I.V. Sergienko*

#### НАУКОВІ ІДЕЇ АКАДЕМІКА В.М. ГЛУШКОВА ТА РОЗВИТОК СУЧАСНОЇ ІНФОРМАТИКИ

#### Р е з ю м е

У статті проаналізовано вплив ідей В.М. Глушкова на нинішній стан та розвиток інформатики і розроблення сучасних комп'ютерних технологій різного призначення. Наведено приклади конструктивних розробок комп'ютерних технологій інститутів Кібернетичного центру НАН України, які створені останнім часом і ефективно застосовуються на практиці.

*I.V. Sergienko*

#### SCIENTIFIC IDEAS OF V.M. GLUSHKOV AND DEVELOPMENT OF MODERN INFORMATICS

#### S u m m a r y

In the article influence of ideas of V.M. Glushkov on the present state and development of informatics and modern computing technologies of different application is analyzed. Examples of the real developments of computing technologies of institutes of the Cybernetic center NASU created lately and effectively used in practice are presented.