

КУНЦЕВИЧ

Всеволод Михайлович – академік НАН України, почесний директор Інституту космічних досліджень НАН України та ДКА України

КРИВОНОС

Юрій Георгійович – академік НАН України, заступник директора Інституту кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України



Член-кореспондент НАН України
Аркадій Олексійович Чикрій

ВСЕ НАШЕ ЖИТТЯ – ДИНАМІЧНА ГРА

До 70-річчя

члена-кореспондента НАН України А.О. Чикрія

20 липня виповнюється 70 років від дня народження видатного українського вченого, фахівця в галузі прикладної математики та кібернетики члена-кореспондента НАН України Аркадія Олексійовича Чикрія. Його праці з математичної теорії керування, теорії динамічних ігор, прикладного не-лінійного аналізу та методів пошуку рухомих об'єктів здобули широке визнання і стали надбанням світової науки.

Аркадій Олексійович Чикрій народився у селі Тарноруда Волочиського району Хмельницької області. Інтерес до математики проявився в нього вже у шкільні роки, хлопець з успіхом виступав на математичних олімпіадах, у тому числі республіканського та всесоюзного рівня. Після закінчення із золотою медаллю середньої школи вступив на механіко-математичний факультет Львівського університету імені Івана Франка. Першим його науковим учителем був професор В.Е. Лянце, учень С. Банаха, одного із засновників функціонального аналізу. Під його керівництвом А.О. Чикрій три роки виконував дослідження в галузі спектральної теорії операторів, пов'язані з розширенням симетричних операторів за методом Калкіна на основі перетворення Келі.

На V курсі університету А.О. Чикрія було направлено на виробничу практику в київський Інститут кібернетики. Він потрапив у відділ обчислювальних методів, який на той час очолював Борис Миколайович Пшеничний. Тут молодий дослідник уперше познайомився з роботами Л.С. Понтрягіна та М.М. Красовського з теорії диференціальних ігор. Під впливом Б.М. Пшеничного сформувався коло його наукових інтересів.

Свою трудову діяльність в Інституті кібернетики А.О. Чикрій почав з посади інженера (1968), далі – молодший науковий співробітник (1972). У 1972 р. став кандидатом фізико-математичних наук, був старшим (1975–1986) і провідним (1986–1988) науковим співробітником. У 1979 р. успішно захистив докторську дисертацію на тему «Дослідження ігрових задач зближення та відхилення».

А.О. Чикрій разом зі своїми учнями інтенсивно працював над спецтемацією. Згодом цю наукову групу було виділено в окремий підрозділ — лабораторію конфліктно-керованих процесів, яку й очолив Аркадій Олексійович (1988). Лабораторія стала основою для створення його теперішнього відділу оптимізації керованих процесів (1991), який сьогодні є відомим центром математичних досліджень керованих систем.

Працюючи в Інституті кібернетики, А.О. Чикрій часто відвідував і проводив багато часу в Математичному інституті ім. В.А. Стеклова у Москві, переважно у відділі диференціальних рівнянь Л.С. Понтрягіна, а також в Інституті математики і механіки ім. М.М. Красовського в Єкатеринбурзі (тодішньому Свердловську). Тісна багаторічна співпраця з представниками московської та свердловської наукових шкіл — провідних світових математичних центрів — відіграла величезну роль у його становленні як науковця.

Свої перші наукові результати А.О. Чикрій одержав у галузі багатокрокових ігрових задач переслідування-втечі. Йому вдалося побудувати дискретні аналоги верхнього і нижнього інтегралів Понтрягіна, що дало змогу сформулювати необхідні й достатні умови закінчення мінорантної та мажорантної гри за скінченний час. При цьому встановлено роль інформованості в процесі гри на основі застосування операції геометричної різниці Мінковського. Зокрема, виведено прості умови повного вимітання множин за Гусятниковим—Нікольським у термінах їх опорних функцій. У цьому випадку різниця Мінковського стає різницею множин Хукхарі. Цей результат активно використовується науковцями і вже став класичним.

У 1969 р. з'явилася фундаментальна робота Л.С. Понтрягіна і Є.Ф. Міщенко, присвячена розв'язанню лінійної глобальної задачі уникнення зіткнень — ігрової задачі про уникнення зустрічі траєкторій з будь-яких початкових станів на напівнескінченному інтервалі часу. Невдовзі було встановлено аналог формули Тейлора для представлення розв'язку нелінійних систем. Серед спеціалістів це представлен-

ня відоме як формула Пшеничного—Чикрія. Вона дала поштовх для подальших досліджень нелінійних конфліктно-керованих процесів. А.О. Чикрій одержав достатні умови уникнення зіткнень у мінімакській та максимінній формі, що дозволило послабити умову Понтрягіна, сформулювавши її у формі співвідношення для опуклих оболонки множин.

Представлення розв'язку нелінійної системи дало змогу А.О. Чикрію розробити методи відхилення за напрямком, змінних напрямків, інваріантних підпросторів, рекурсивний метод, а також модифікувати метод маневру обходу Понтрягіна—Міщенко. Було досліджено «тонкий» і «грубий» випадки, отримано достатні умови втечі вищих порядків, умови втечі від групи переслідувачів. В останній задачі, поставленій і розв'язаній незалежно від П.Б. Гусятникова, А.О. Чикрій ввів важливу скалярну мінімаксимінну функцію, яку тепер називають його ім'ям. Метод, пов'язаний з інваріантністю, за певних умов дозволяє уникнути зіткнень за мінімальної переваги ресурсів другого гравця, а саме, переваги лише в проекції на одновимірний підпростір або рівності ресурсів у проекції на напрямки, що утворюють набір Каратеодорі. У складній задачі взаємодії угруповань на предмет уникнення зіткнень відома гіпотеза А.О. Чикрія, строго обґрунтована ним та його учнями при малих розмірностях фазового простору. Ці результати використовують у моделюванні зльоту та посадки літаків, вони є базовими при плануванні диспетчерськими службами безпечного руху в аеропортах і морських портах. Щоб уникнути зіткнень, потрібно правильно скласти розклад руху літальних апаратів, а диспетчер має бути готовим втрутитися в ситуацію, що загрожує стати аварійною. Аналогічні умови складаються і в місцях великого скупчення плавзасобів. Врахування специфіки рухомих керованих суден і акваторії дозволяє на основі попередніх розрахунків уникнути зіткнень.

Без сумнівів, одним із найвагоміших наукових досягнень А.О. Чикрія є метод розв'язуючих функцій у теорії конфліктно-керованих процесів. Він, зокрема, дає повне обґрунтуван-

ня класичного правила паралельного зближення та методу переслідування за променем, які добре відомі проектувальникам ракетної і космічної техніки. При цьому було введено важливе поняття обернених функціоналів Мінковського, що дало змогу з використанням техніки багатозначних відображень і властивостей їх селекторів дослідити традиційно складні задачі групового та почергового переслідування. Останні є задачами комівояжерного типу. Схема методу тісно пов'язана з першим прямим методом Понтрягіна, якому відповідає вродження розв'язуючої функції, тобто перетворення її на $+\infty$. Метод має широкі застосування для різних типів динамічних ігор. В єдиній схемі отримано ефективні алгоритми виграшу для конфліктно-керованих процесів, що описуються системами звичайних, інтегральних, інтегро-диференціальних та диференціально-різницевих рівнянь, для дискретних та імпульсних процесів, для систем змінної структури, нестационарних ігрових задач, для ігор з інтегральними та змішаними обмеженнями на керування, для диференціальних ігор з фазовими обмеженнями і стохастичною динамікою. Вивчено проблему конфліктної керованості та структуру екстремальних селекторів, введено поняття спряженої гри і на основі двоїстості в опуклому аналізі отримано якісні результати на предмет завершення гри за скінченний час, у тому числі в задачах з термінальним функціоналом.

На окрему увагу заслуговує цикл робіт, виконаний у 1995–2005 рр. у співпраці з професором С.Д. Ейдельманом, який на той час працював в Інституті математики НАН України. Результати стосуються ігрових задач з дробовими похідними різних типів. Було розглянуто класичні дробові похідні Рімана–Ліувілля, регуляризовані похідні Джрбашяна–Нерсесяна–Капуто, а пізніше вже сам або зі своїми учнями А.О. Чикрій дослідив конфліктно-керовані процеси з секвенціальними похідними Міллера–Росса, похідними Хільфера та Грюнвальда–Летнікова.

Метод розв'язуючих функцій одержав широке застосування у прикладних задачах. Так,

він виявився особливо ефективним при аналізі та моделюванні групової взаємодії рухомих об'єктів, зокрема, отримані на його основі результати було використано у програмі «зоряних війн» для оптимізації взаємодії угруповань керованих об'єктів космічного базування.

Ігрову задачу про «м'яку зустріч» рухомих об'єктів було застосовано для моделювання процесу посадки літака на авіаносець. Робота виконувалася у співпраці з Національним інститутом стандартів і технологій (Гейтерсберг, США). Ця оригінальна розробка знайшла застосування і в інших країнах.

Останнім часом А.О. Чикрій разом з професорами Харківського університету ім. В.Н. Каразіна Л.А. Власенко та А.Г. Руткасом виконав важливий цикл робіт, пов'язаний з ігровими задачами для рівнянь з розподіленими параметрами типу Соболева. Близькі до цієї тематики дослідження з проблем керування пучками заряджених частинок було здійснено в рамках проекту НТЦУ (2002–2004) в кооперації з Брукгейвенською національною лабораторією (США).

Одним із центральних результатів у теорії динамічних ігор є правило екстремального прицілювання Красовського, що реалізує позиційний спосіб переслідування. А.О. Чикрій узагальнив цей результат на істотно складніший випадок групи переслідувачів, коли термінальна множина не є опуклою. Це потребувало встановлення спеціальних теорем відділення для множин, які не є опуклими. Позиційний спосіб переслідування, зокрема, обґрунтовує класичний спосіб перехоплення цілі за погонною кривою Л. Ейлера.

На практиці, як правило, конфліктно-керований процес — процес пошуку рухомих об'єктів — відбувається в умовах неповної інформації про фазовий стан, відомою стає лише поточна щільність розподілу положення гравців. А.О. Чикрій у співавторстві з Б.М. Пшеничним розробили кліткову ігрову модель пошуку рухомих об'єктів, пов'язану з дискретизацією процесу пошуку як за часом, так і за станом. Рух гравців на скінченній множині їх можливих станів визначається законом перетворення функції розподілу положення гравців, причому

перехідна стохастична матриця залежить від їх керувань. Такий процес є білінійним і марковським. Для його дослідження було використано техніку скінченних ланцюгів Маркова, а для оптимізації ймовірності виявлення цілі або середнього часу виявлення — дискретний принцип максимуму Понтрягіна та метод динамічного програмування Беллмана. Розглянуто пошук за допомогою групи об'єктів з обміном та без обміну інформацією у групі, враховано залежність радіуса виявлення від швидкості пересування, досліджено проблему пошуку при взаємодії угруповань. Метод застосовано до пошуку стаціонарних цілей, що зазнали аварії і перебувають у важкодоступних місцях, результати використовувалися при розробленні комп'ютерних систем пошуку та стеження за рухомими об'єктами для потреб ВМФ.

Вагомі теоретичні результати А.О. Чикрія та їх практичні застосування сприяли завоюванню авторитету в міжнародному науковому середовищі. Аркадій Олексійович виграв низку міжнародних наукових грантів, є членом міжнародних наукових товариств, його постійно запрошують до складу оргкомітетів міжнародних конференцій.

У 2002 р. А.О. Чикрій організував і провів представницьку міжнародну конференцію, присвячену пам'яті свого вчителя Б.М. Пшеничного, за участю найавторитетніших фахівців — майже всіх світових лідерів у галузі екстремальних задач.

Аркадій Олексійович проводить велику науково-організаційну і громадську діяльність. У різні періоди він був членом Американського математичного товариства, Товариства чистої та прикладної математики (Німеччина), Міжнародної асоціації динамічних ігор (США), Оптимізаційної групи (Японія, Китай, Австралія), президентом Української асоціації динамічних ігор.

Упродовж своєї наукової діяльності А.О. Чикрій опублікував понад 400 наукових робіт, з них 5 монографій і 26 оглядів у складі міжнародних авторських колективів у найавторитетніших закордонних виданнях. Він є членом редколегій багатьох фахових видань, зокрема

Єкатеринбурзької філії «Proceedings of the Steklov Institute of Mathematics».

А.О. Чикрій був обраний членом-кореспондентом НАН України (1997), Соросівським професором (1994—1996). Він є лауреатом Державної премії України в галузі науки і техніки (1999), премії НАН України ім. В.М. Глушкова (2003).

А.О. Чикрій — обдарований педагог. Він читає лекції та веде наукову роботу на факультеті кібернетики Київського національного університету імені Тараса Шевченка, на факультеті інформатики та обчислювальної техніки Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут», на факультеті прикладної математики Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича. Він підготував 35 кандидатів і 3 докторів наук.

Після того, як передчасно пішов з життя всесвітньо відомий учений академік НАН України Б.М. Пшеничний, Аркадій Олексійович підхопив естафету і очолив українську школу динамічних ігор, яка впевнено продовжує утримувати провідні позиції у світі.

Як і в кожній людині, крім основної діяльності, у Аркадія Олексійовича є улюблена справа. Це насамперед спорт, де, як і в математиці, для досягнення результату потрібна максимальна концентрація зусиль. Займаючись багатьма видами спорту, найбільших успіхів він досяг у волейболі. У студентські роки грав за Львівський університет, на старших курсах — за збірну команду студентів Львова «Буревісник». Уже працюючи в Інституті кібернетики, у 1973 р. виступав у складі збірної України на Всесоюзній академіаді і став її переможцем.

Для А.О. Чикрія притаманні широка ерудиція, професійна принциповість, сильний вольовий характер і при цьому виняткова відкритість та доброзичливість у спілкуванні.

Аркадій Олексійович зустрічає свій ювілей на злеті творчої активності, у вирі наукового і суспільно-політичного життя. Вітчизняна наукова громадськість, колеги та учні від щирого серця бажають йому міцного здоров'я, невичерпної енергійності, здійснення усіх задумів і нових творчих злетів.