

***ДО ПИТАННЯ ДИФЕРЕНЦІЙОВАНОГО ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ  
ЛІНІЙНОГО ТА НЕЛІНІЙНОГО АНАЛІЗУ В ПРАКТИЦІ ДОБОРУ В  
ЗВ'ЯЗКУ З СЕЛЕКЦІЄЮ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР***

---

В. В. Чернуський

Інститут сільського господарства Полісся НААН

За результатами практичної селекційної роботи зі створення сортів жита озимого і гороху польового (пелюшки) різних напрямів господарського використання за лінійними принципами паралельно відпрацьовано елементи застосування теорії нелінійного аналізу в практиці добору. На базі параметричних полів розвитку компонентних ознак у селекційних зразків в умовах різних років досліджень, шляхом використання сучасних комп'ютерних програм, отримано фазово-параметричні портрети їх стану та осцилятори взаємозв'язків окремих компонентних ознак.

*Жито озиме, горох польовий, добір, лінійний, нелінійний аналіз*

**Постановка проблеми.** Останнім часом, в тому числі в зв'язку з інтенсивним розвитком сучасних комп'ютерних технологій та власних системно-методологічних потреб галузей знань, методи нелінійного математичного аналізу набувають все більш широкого розповсюдження в медикобіологічних та екологічних дослідженнях. Зокрема, на реальних прикладах показано можливість практичного використання запропонованих методів топологічного аналізу рівнянь математичної екології в реальних екологічних дослідженнях. Дані квадратичні моделі динаміки субпопуляції описують динаміку генетично неоднорідних популяцій (із загальною або диференційованою нішею для субпопуляцій). Вивчено глобальну стійкість квадратичних моделей загального вигляду на конусі. Отримано достатні умови існування нетривіального конусу асимптотичної стійкості як для довільних квадратичних систем, так і для окремих випадків [1].

Ефективному застосуванню моделей у біології тривалий час заважала невідповідність між методами класичного системного аналізу і складним, стохастичним характером біологічних процесів. В останнє десятиріччя ситуація різко змінилася, з'явилися нові методи теорії стійкості, катастроф, дисипативних структур, хаосу і т.п., які орієнтовані на вивчення нелінійних ефектів [2].

У селекції, незважаючи на появу фундаментальних робіт [3, 4], в яких визначено нагальну потребу в застосуванні в генетичному аналізі принципів

багатофакторного, нелінійно-детермінованого аналізу, в тому числі на рівнях не тільки і не стільки адитивної дії генів, але і епігенетичної, епістатичної взаємодії генів і зовнішнього середовища, використовують, як правило, принцип лінійного аналізу з виявленням результуючої прямої адитивної дії генів. Існує сім типів і ієрархічних рівнів у системі генного контролю кількісних ознак [4]. Значної лабільності фенотиповим проявам ознак надають також різноградієнтні паратипові умови зовнішнього середовища. Таким чином, система генного контролю кількісних ознак надзвичайно складна, працює на багатьох взаємодіючих рівнях, розвивається як у часі так і в просторі, тому за своїми характеристиками апріорно не може бути лінійною і підлягати тільки лінійному аналізу, як апроксиматично спрощеному методу.

**Стан вивчення проблеми.** Методологічно і методично теорію і практику добору в селекції розроблено досконало і детально. Але на всіх етапах добору зберігаються основні принципи – усереднення експериментальних даних та принцип елітарності добору, тобто виділяються оптимально-максимальні параметричні прояви ознак, аналізуються середні (модульні) оптимуми. В незначній кількості випадків аналізуються ліміти проявів ознак, які, як правило, не пов'язуються з векторно-градієнтною дією умов зовнішнього середовища. В значній мірі це пов'язано власне з методологією лінійного аналізу, що будь-які відхилення від принципу прямолінійності зв'язку аргументу та функції є похибкою та порушенням у системі. В теорії нелінійного аналізу, навпаки, будь-яка точка фазового простору має право на існування, просторове позиціонування даного фактору залежить від значної кількості інших факторів; являється стохастично (вирогідно) визначеною та залежить від вихідних фазово-параметричних умов системи. Саме тому з розвитком сучасного математичного апарату та комп'ютерної техніки, здатної обробляти великі масиви інформації, в тому числі у вигляді гіперкомплексних багатопросторових матриць, з'явилась можливість обрахунку параметричних проявів ознак і їх взаємодії в системі всеохоплюючого популяційного складу зразків на фоні різновекторного градієнтного впливу багатьох факторів зовнішнього середовища без усереднення показників. Історично раніше добір проводився в системі усереднених оптимумів, на даному етапі – все більше прихильників знаходить епігенетична теорія розвитку і формування селекційно-цінних макроознак в системі, в тому числі епістатичної взаємодії генів на фоні оптимальної адаптивної норми реакції даних ознак [3].

Таким чином, ефективність добору визначається багатьма факторами, зокрема типом генного контролю, компонентним складом комплексної ознаки, гомо- чи гетерозиготним станом алелей, відповідністю типу добору типу генного контролю та адекватністю підбору шкали, на фоні якої проводиться власне добір. Відповідно метою досліджень є встановлення принципів і методології добору на взаємоув'язаних колінарних лінійно-нелінійних шкалах. Одним із завдань досліджень є пошук оптимальних рішень знахо-

дження максимуму параметричних проявів комплексної ознаки врожайності в системі аallelно-неалельної взаємодії генів, що контролюють компонентні ознаки шляхом побудови активних абстрактних нелінійних математичних моделей, постійні коефіцієнти яких встановлені на реальних гіперповерхнях матриць експериментальних даних.

**Вихідний матеріал і методика проведення досліджень.** Базовими культурами для проведення досліджень є жито озиме та горох польовий (пелюшка). Принципова різниця між даними культурами з точки зору об'єктів для селекції полягає в способах розмноження – аутбредному та інбредному. Відповідно до цього структури популяцій даних культур являють собою гетерозиготні популяції або суміші гомозиготних ліній. У класичній селекції відпрацьовано найбільш результативні та адекватні типи добору в даних популяціях. Об'єктом добору є генотипова мінливість у селекційних зразків, яка проявляється у вигляді позитивних фенотипових параметричних проявів господарсько цінних ознак. Джерелом даної мінливості є гетерозисні ефекти у гібридних популяцій жита озимого, трансгресивні прояви у міжлінійних гібридів даної культури, а також аallelні відхилення (за рецесивним або домінантним типом) у гомозиготних ліній пелюшки. Відповідно генеалогічні схеми розщеплення сімей за формуванням гомозиготних ліній (пелюшка) або позитивних трансгресій (жито) на фоні абіотичних та біотичних впливів зовнішнього середовища представлено в селекційних розсадниках різних рівнів. Як правило, щорічно по кожному зразку пелюшки різних напрямів господарського використання (зернофуражного, укісного, універсального) вивчається 450-500 сімей. До схеми гібридизації сортів жита озимого, побудованої на різних генетичних принципах (гетерозисної або сортолінійної), залучено зразки НЦГРРУ Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН, у тому числі зарубіжної селекції (як носії ознак високої продуктивності та якості зернової продукції) та власної селекції, стійкі до біотичних та абіотичних умов Полісся, які в основному створені з використанням геноплазми ліній домінантної короткостеблості. Щорічно вивчається 50-70 гібридних комбінацій прямих та обернених схрещувань.

Методика закладання селекційних розсадників та проведення біометричних аналізів загальноприйнята з дотриманням просторової ізоляції для перехреснозапильної культури жита озимого.

Принципи лінійного добору в популяціях гомозиготних та трансгресивних розщеплень застосовано відповідно до алгоритмів П. Ф. Рокицького та Д. С. Фолконера на лінійних адитивних шкалах. Принципи та елементи нелінійного добору у світлі сучасних уявлень епігенетичної теорії мікроеволюції в градієнтних умовах еколого-географічного середовища задіяно відповідно до концепцій П. П. Літуна та В. А. Драгавцева з використанням сучасних комп'ютерних програм з нелінійного аналізу «Scilab», зокрема на базі теорії атракторів у фазово-параметричному просторі, фрактальної та кватерніонної геометрії, осцилятора рівнянь Лоткі-Вольтерри.

**Результати досліджень.** Згідно класичних канонів генетики і селекції основною метою добору є збільшення частоти гена в популяції, який визначає позитивний градієнт розвитку певної цінної господарської ознаки. В аутогамних культур у процесі розмноження популяції відбувається її диференціація на чисті лінії внаслідок процесу ізогаметизації. Таким чином, об'єктом добору є один із видів алейного стану гену (домінант-рецесив), що стосується альтернативних (якісних) ознак. Подібний вихід на селекційне плато характерний також для полімерних ознак за умови дисруптивного добору з метою чіткої ідентифікації крайніх фенотипових класів, в яких досягнуто найбільшої концентрації доміантних чи рецесивних станів полімерних алелів.

На противагу процесам, які відбуваються в аутогамних популяціях, в алогамних популяціях найвищу концентрацію необхідного гену може забезпечити тільки спільний пул гомозигот (домінантних) та гетерозигот (разом не вище 75 %) згідно закону Харді-Вайберга. Добір проти гомозигот (рецесивів) недоцільний, так як гетерозиготи постійно продукують нові. Таким чином, у популяціях аутогамних культур найбільш продуктивним та раціональним є поліпшуючий тип добору.

У системі добору відповідно до типів генного контролю ознак найбільш продуктивним і затребуваним в селекційній практиці є добір в адитивній системі, так як з математичної точки зору (крім інших фізіолого-генетичних питань) дія даної системи проявляється на арифметичній лінійній (адитивній) шкалі додавання. Тому добір в даній системі найбільш передбачуваний і результативний у зв'язку з відповідністю успадковування ознак від батьків нащадками.

У наших дослідженнях на основі математичних моделей П. Ф. Рокицького та В. К. Савченко (1975 р.) про принципи і методи добору в популяціях аутогамних та алогамних культур розроблено багатовимірну графічну математичну модель формування компонентних ознак в системі їх алейних станів при доборі проти гетерозигот (рис. 1). На базі побудованої моделі проведено добір за принципом системного аналізу характеру параметричних проявів компонентної ознаки «маса 1000 насінин» у зразків в результаті дизруптивного (розривного) добору і створено сорти пелюшки різних напрямів господарського використання (рис. 2).

На базі теоретичної моделі афінного простору асимптоти та гіперболи (рис. 5) і геометричної моделі глобальної стійкості квадратичних моделей загального вигляду на конусі (рис. 4) за алгоритмами П. Ф. Рокицького при доборі на користь гетерозигот запропонована активна модель для пошуку оптимізованих співвідношень параметрів компонентних ознак при формуванні максимуму комплексної ознаки шляхом використання даної моделі в режимі он-лайн у практиці селекційних програм перехрестнозапильних культур (рис. 3, 4, 5).

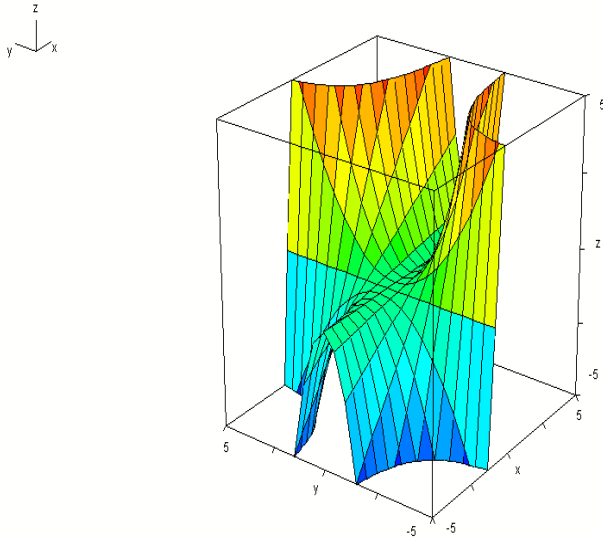


Рис. 1. Теоретична поверхня дизруптивного (розривного) добору за алгоритмом П. Ф. Рокицького та В. К. Савченко, 1975 р.  $Z$  ( $^{\wedge}q$ ) - максимізований параметр ознаки в системі взаємодії частот генів при доборі за формулою  $z=xy^2*0.5/1-0,5*(1-y^2)$ ,  $XY$  ( $pq$ ) - частота алельних станів генів по контролю ознаки, в т. ч. маси 1000 насінин

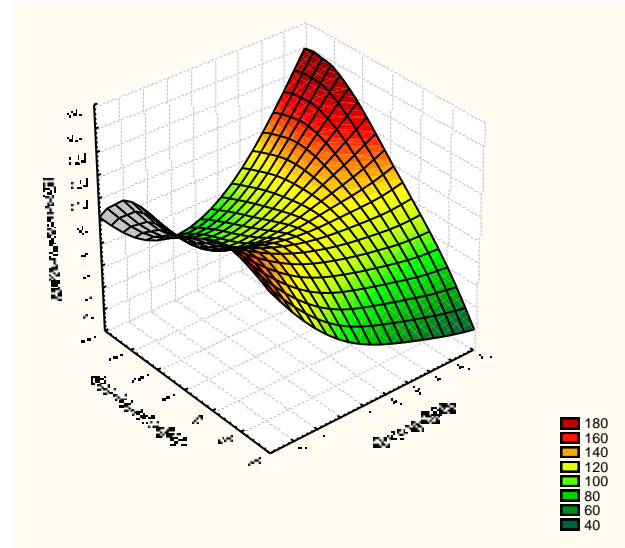


Рис. 2. Характер параметричних проявів компонентної ознаки «маса 1000 насінин» у зразків пелюшки різних напрямів господарського використання в результаті дизруптивного (розривного) добору (на прикладі графі реальних популяцій 2008 року, графі 2003-2010 років практично ідентичні)

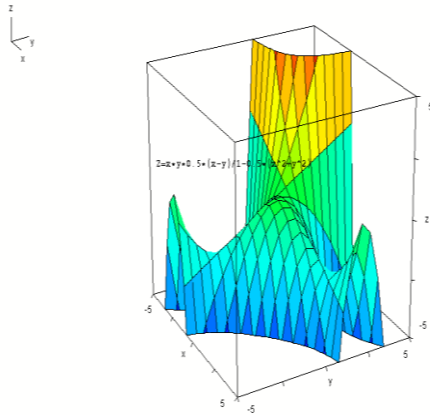


Рис.3. Поверхня моделі (з використанням реальних індексів та частот генів) поліпшуючого добору в гетерозиготних популяціях зразків жита озимого (при доборі на користь гетерозигот) за алгоритмами П. Ф. Рокицького, 1975 р., для пошуку оптимізованих співвідношень параметрів компонентних ознак при формуванні максимуму комплексної ознаки шляхом активного використання даної моделі в режимі он-лайн.

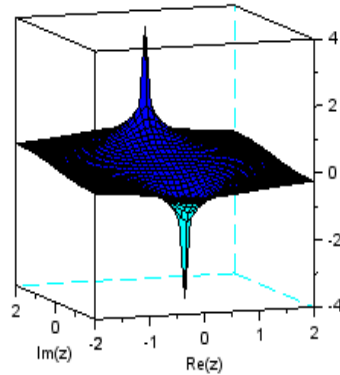


Рис.4. Геометрична модель глобальної стійкості квадратичних моделей загального вигляду на конусі, яка відображає достатні умови існування нетривіального конуса асимптотичної стійкості систем з одним із рівнянь вольтеррівського вигляду (за Чернишенко В. С)

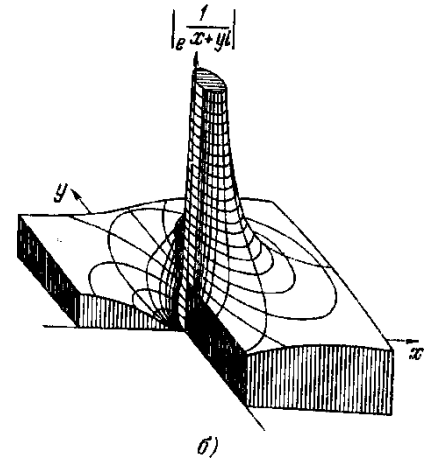


Рис.5. Теоретична модель афінного простору асимптоти і гіперболи, яка відображає практичну сутність взаємозв'язків асимптоти, як моделі ідеального співвідношення складових функцій  $Z=f(x,y)$  та гіперболи, як параметричного поля максимального наближення до асимптоти в разі найбільш оптимізованого об'єднання параметрів компонентних ознак (за І. Н. Бронштейн, 1981 р.).

За даними принципами проводиться селекція як у самоzapильних, так і перехрестно-запильних культур. Зокрема, на прикладі пшениці озимої автори [5] встановили, що між загальною масою колосу і масою зерна в колосі існує висока генотипова кореляція, результативність добору на підвищення продуктивності за першою ознакою не поступається добору за другою ознакою. Зокрема дослідниками встановлено на прикладі гібридних популяцій, що коефіцієнт генотипової кореляції у модулі «загальна маса колосу»- «маса зерна колосу» дорівнює 0,99; у модулі «загальна маса колосу» - «кількість зерен у колосі»  $r=0,82$ ; у модулі «загальна маса колосу»-«маса 1000 зерен»  $r=0,67$ . Такі дані свідчать, що загальна маса колосу може слугувати своєрідною сигнальною (маркерною) ознакою, яку можна використати при індивідуальних доборах на підвищення зернової продуктивності.

Існує також можливість прямого добору за ознакою «маса зерна з колосу» в популяціях жита озимого з домінантним типом контролю короткостеблості (перехрестно-запильна культура) [6].

У наших дослідженнях проведено добір за даною ознакою в системі селекційних розсадників жита озимого за методом педігрі. За результатами досліджень отримано експериментальні дані, представлені у вигляді графічних кривих (рис. 6), розподілу зразків за рівнями продуктивності в вихідних популяціях та популяціях елітного добору колосів. Відмічено, що в гібридних популяціях зразків, отриманих з Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН (№№1-10) з високим рівнем (800-1200 г/м<sup>2</sup>) насінневої продуктивності добір нерезультативний, що відповідає класичним канонам генетики про безперспективність доборів в популяціях на гетерозисній основі (домінантний та зверхдомінантний типи генного контролю ознак). У випадку лінійних популяцій зі змішаним (адитивно-домінантним типом контролю ознак) прямий добір за продуктивністю колосу є перспективним.

Дані моделі доборів розглядаються, як правило, в лінійній системі, яка передбачає прямолінійний зв'язок компонентів між собою. Насправді чисельна практика багатьох дослідників свідчать про нелінійний характер взаємодії алейної та неалельної систем генного контролю. Зокрема в останніх дослідженнях [3, 4] мова ведеться про багаторівневість у системі взаємодії генів, а також про епігенетичний характер контролю та розвитку макроознак продуктивності.

Продуктивні ознаки підрозділяються на декілька типів за системою організації і принципами генного контролю. Зокрема, виділено лінійні, генетично-орієнтовані макроознаки та епігенетичні популяційно-організаційні формуютьуючі макросистемні ознаки. Тому принципи і підходи до добору стосовно різних за ступенем ієрархічності та складності організації ознак повинні бути різними [3]. Вище було наведено і продемонстровано результати досліджень з добору за простими лінійними (переважно за адитивним типом контрольованими) ознаками у культур гороху польового і жита озимого.

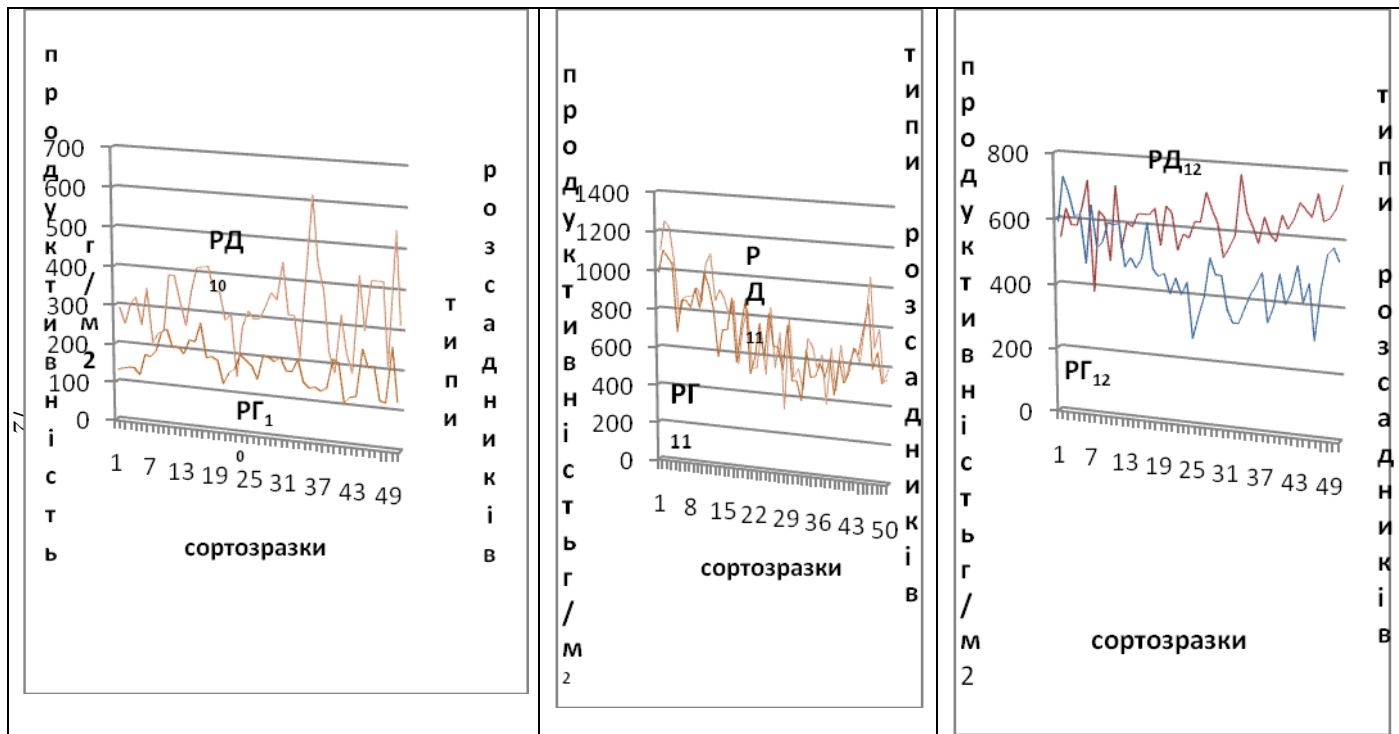


Рис. 6. Параметрична характеристика ступеню селекційного диференціалу зразків жита озимого за насінневою продуктивністю в розсадниках гібридизації (РГ) та елітних доборів (РД), 2010-2012 рр.



Разом з тим існує цілий ряд ознак, особливо останній тип з відмічених вище, зі складною системою організації, добір за якими в простій лінійній формі є недоцільним та неефективним. Тому останнім часом у біології, зокрема в генетиці і селекції все частіше застосовують нелінійні принципи управління і оптимізації в дослідженнях з біологічними об'єктами.

Дана ідея в теоретичних розробках провідних селекціонерів існувала ще на початку 20 сторіччя. Фундаментальну ідею обґрунтування ідеальних моделей сортів шляхом встановлення нелінійних взаємозалежностей між параметрами кількісних ознак та пояснення закономірностей цих залежностей системним взаємовідношенням на фоні еко-лімітів умов зовнішнього середовища в селекції запропонував Donald C. M. [7].

Принцип нелінійного підходу до детерміністичного аналізу стохастичної моделі розповсюдження сприятливого гена в диплоїдній популяції запропонував Фішер. Дане рівняння (також як і рівняння з кубічною нелінійністю замість квадратичної в правій частині) відноситься до рівнянь скалярного класу реакції дифузії в одновірному просторі:

$$u_t = ku(1-u) + Du_{xx},$$

де  $u(x, t)$ -скалярна функція, яка задовільняє похідні і граничні умови,  $k, D$  - позитивні константи.

Єдність генофонду, яка визначається нелінійними чинниками (вільне схрещування, епістаз, перевага гетерозигот, наявність груп зчеплення, частотна та щільнісна залежності відбору), ставить серйозні перешкоди ефективності всіх відомих форм відбору, стабілізуючого, рушійного і дизруптивного, динаміка яких підпорядкована лінійному рівнянню Мальтуса. У цього рівняння відсутні ненульові стаціонарні рішення, і будь-яка рівновага, яку можна отримати для такої динаміки, виявиться нестійкою і такою, що стабілізується лише зовнішніми зворотними зв'язками, опосередкованими середовищем. Ендогенно стійкою така система бути не може, а під статисом автор розуміє саме ендогенну стійкість. На відміну від лінійних рівнянь Мальтуса, нелінійні рівняння Лотки-Вольтерри-Гаузе володіють нетривіальними стійкими рішеннями і тому дозволяють описувати не тільки перехідні процеси, але і стаціонарні стани [9].

За уявленнями авторів [10] багатофакторна дія на біологічний об'єкт веде до того, що при формалізації інформації від об'єкту ми матимемо справу з деякою складною функцією, далекою від лінійної залежності. Це ускладнює використання класичних методів обробки інформації. Альтернативою їм служать нейромереживні технології. Вони однаково підходять для лінійних і складних нелінійних залежностей. За результатами проведених досліджень авторами було отримано дані, що доводять можливість застосування штучних нейронних мереж для обробки і інтерпретації даних, отриманих у ході генетичних досліджень. Можливості ІНМ дозволяють на

їх основі створювати експертні системи, які здатні прогнозувати поведінку складних залежностей, наприклад, зв'язати кластери тіснозчеплених генів, які відповідають за синтез запасних білків зерна, з умовами вирощування і споживчими властивостями рослин.

Використання нелінійних підходів стосовно окремих культур у приватній селекції запропоновано також в наступних роботах.

У дослідженнях із житом озимим Тороп Е. А. [11] вперше встановлено, що ознаки продуктивності за характером генетичної організації відносяться до класу мультиплікативних. Це є причиною багатоваріантності значень одних і тих же ознак у популяції, а також неоднозначності фенотипових коефіцієнтів кореляції між окремими елементами продуктивності та врожайністю. Процеси, пов'язані з реалізацією продуктивності популяції в значній мірі залежать не тільки від складу її генотипу, але і від умов середовища, тобто завжди опосередковані та динамічні.

У селекції гороху Хухлаєв И. И. [12] запропонував нелінійний екоградієнтний принцип добору за компонентними ознаками. Зокрема, на його думку відбір родозасновних рослин доцільно проводити за ознакою, що візуально оцінюється - кількості бобів на рослині. Подальше вибраковування матеріалу необхідно проводити залежно від умов зволоження під час вегетації, добираючи елітні рослини в посушливі роки за показником маса 1000 насінин, а в сприятливі роки - за числом насінин у бобі.

На даному етапі розвитку комп'ютерних технологій можливості багатofакторного, n-вимірного нелінійного аналізу значно розширились. Зокрема, нами використано принципи оптимізації взаємозв'язків компонентних ознак при формуванні максимуму комплексної ознаки шляхом імітації біологічних осциляторів (рис. 7, 8) на реальних параметричних полях ознак зразків у різні роки досліджень при дії різних векторно-градієнтних факторів зовнішнього середовища. Отримано константні траєкторії оптимального управління (добору) компонентних ознак при формуванні комплексної на прикладі ознак «кількість насінин у бобі» - «вага насіння в одному бобі».

У процесі диференціації зразків пелюшки зернофуражного (Древлянська) та укїсного (Вектор) напрямів використання за комплексною ознакою ВНБ (маса насіння в одному бобі) на фоні компонентної ознаки МТН (маса 1000 насінин) виявлено картину, подібну до теоретичної моделі (нелінійної) області біфуркаційного переходу об'єктів, побудованих за програмою чисел Фібоначчі (рис. 9, 10).

Таким чином, застосування принципів нелінійного аналізу в системних взаємовідносинах формування ознак продуктивності селекційних зразків на екофонах зовнішнього середовища в умовах швидкоперемінних глобальних змін клімату є перспективним. Тому продовження досліджень системних взаємозв'язків гомеостазису генотипу, варіабельності його на градієнтах зовнішніх умов та їх мікроеволюційної взаємодії під впливом штучного добору є перспективним напрямом наших подальших досліджень.

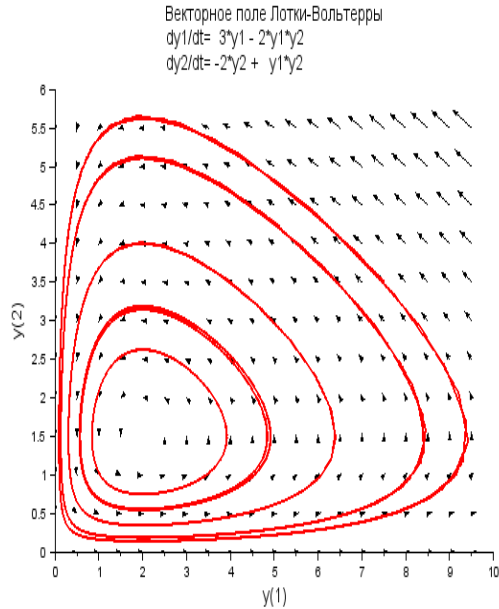


Рис.7. Осцилятор рівнянь Лоткі, Вольтерри у вигляді геометричних областей для нелінійного аналізу взаємозв'язку ознак (у нашому випадку КНБ-МНБ) у зразків пелюшки (на базі програми Scilab), 2009-2012 рр.

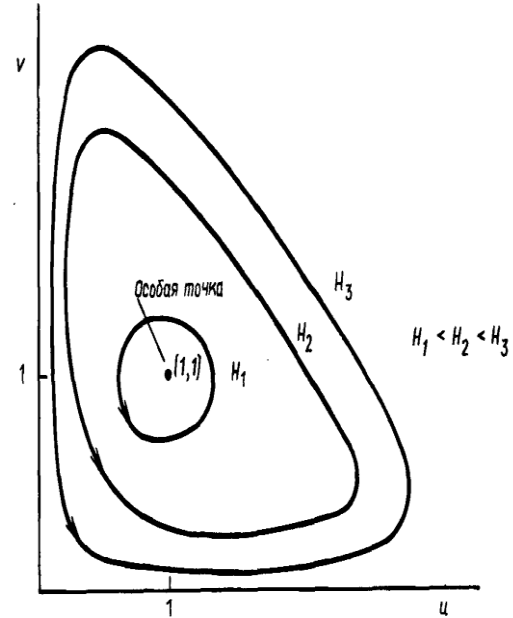


Рис.8. Теоретичні області замкнених траєкторій біологічного осцилятора нелінійної взаємодії факторів, у т.ч. особливі крапки (за Маррі Дж., 1983).  $au + v - \ln(u^a v) = H = \text{const}$

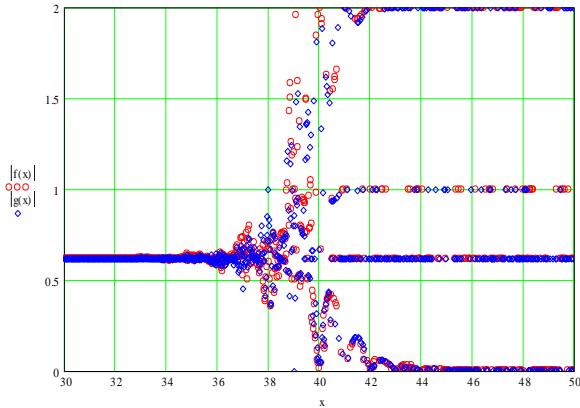


Рис.9. Теоретична модель області біфуркаційного переходу об'єктів побудованих за програмою чисел Фібоначчі.

Код доступу:

<http://314159.ru/sokolchuk/sokolchuk1.htm>

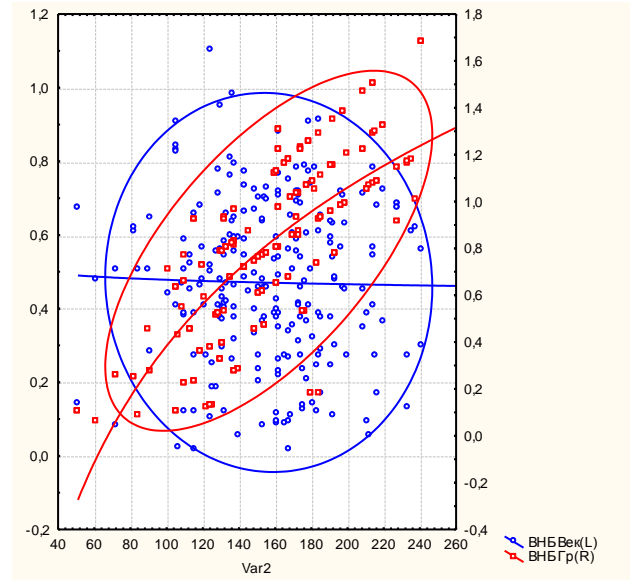


Рис. 10. Диференціація зразків пелюшки зернофуражного (Древлянська, овал) та укісного (Вектор, круг) напрямів використання за комплексною ознакою ВНБ (маса насіння в одному бобі) на фоні компонентної ознаки МТН (маса 1000 насіння), генеалогічна історія сімей, 2003-2011 рр.

**Висновки.** 1. Відповідно до класичних уявлень генетики та селекції, а також сучасних положень епігенетичної теорії селекції культур на макроознаки нами модифіковано та апроксимовано практику селекції провідних сільськогосподарських культур Полісся відповідно до зональних умов, які характеризуються частою екстремальністю в період вегетації рослин. Тому принцип адаптованості сортів до біотичних та абіотичних факторів зовнішнього середовища наряду з продуктивністю є пріоритетним в селекційних програмах. Одним із перспективних методів виявлення стаціонарних зон оптимального взаємопосєднання продуктивності та адаптивної стійкості сортів у процесі селекційного добору є метод нелінійного аналізу.

2. У зв'язку зі значною часо- і фінансовитратністю штучного добору в загальній системі селекції сільськогосподарських культур застосування прецезійних методів ідентифікації цінних генотипів за фенотипами є актуальним. Поряд з традиційними методами лінійного аналізу важливим доповнюючим моментом є системний нелінійний аналіз. Група даних методів у загальному фазово-параметричному (неусередненому) просторі дозволяє виділити саме стаціонарні крапки цінних генотипів з видаленням «шумових» редуційно-мультиплікативних ефектів зовнішнього середовища.

#### Список використаних джерел

1. *Чернишенко В. С.* Топологічний аналіз глобальної стійкості узагальнених вольтеррівських моделей: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. фізико-математичних наук: спец. 01.05.02 «Математичне моделювання та обчислювальні методи» / В. С. Чернишенко. – Дніпропетровськ, 2008. – 20 с.
2. *Чернишенко С. В.* Динаміка лісових біогеоценозів степової зони України (нелінійні процеси: сукцесії, інформаційні взаємодії, рекультивація): автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора біол. наук: спец. 03.00.16 / Дніпропетровський національний ун-т. - Д., 2006 – 38 с.
3. Теорія і практика на макроознаки. Методологічні проблеми / [П. П. Літун, В. В. Кириченко, В. П. Петренко та ін.] // Харків, 2004.- 130 с.
4. *Драгавцев В. А.* Мегапроект по реформированию традиционных систем селекции растений на продуктивность и урожай [Електроний ресурс] / В. А Драгавцев. - [Agromage.com](http://Agromage.com) 2000—2012
5. *Орлюк А. П.* Ефективність добору за ознакою «маса головного колосу» озимої м'якої пшениці / А. П. Орлюк, О. В. Козакова, А. О. Гребенюк // Зрошуване землеробство: Збірник наукових праць. – Херсон: Айлант. – 2008. - Вип. 49. - С. 132 - 135.
6. *Скорик В. Ф.* Селекція жита озимого / В. Ф. Скорик // Спеціальна селекція польових культур: Навчальний посібник; за ред. М. Я. Молоцького.- Біла Церква, 2010.-С. 33-58.
7. *Donald C. M.* The breeding of crop ideotype / С. М. Donald // Euphytica. – 1968. – Vol. 17 – № 6. – Р. 385 - 403.

8. Марри Дж. Нелинейные дифференциальные уравнения в биологии. / Марри Дж.; [пер. с англ.] // Лекции о моделях. – М.: Мир, 1983. – 399 с.
9. Чудов С. В. Устойчивость видов и популяционная генетика хромосомного видообразования / С. В Чудов. – М.: МГУЛ, 2002. – 97 с.
10. Автоматизация анализа электрофореграмм и установление генетических формул глиаина с использованием искусственных нейронных сетей при определении сортовых качеств семян твердой пшеницы / [А. М. Кудрявцев, А. А. Поморцев, В. В. Руанет и др.] // Сельскохозяйственная биология.-№ 1.-2002.-С. 15-19.
11. Тороп Е. А. Морфогенетические закономерности формирования продуктивности озимой ржи (*Secale cereale* L.) : автореф. дис. на соискание учёной степени доктора биологических наук: спец. 06.01.05 «Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений» / Е. А.Тороп. – Рамонь, 2011. – 38 с.
12. Хухлаев И. И. Селекция гороха на юге Украины / И. И. Хухлаев // Збірник наукових праць СГІ –НЦНС. - Вип. 15 (55). - Одеса.-2010. - С.135 - 141.