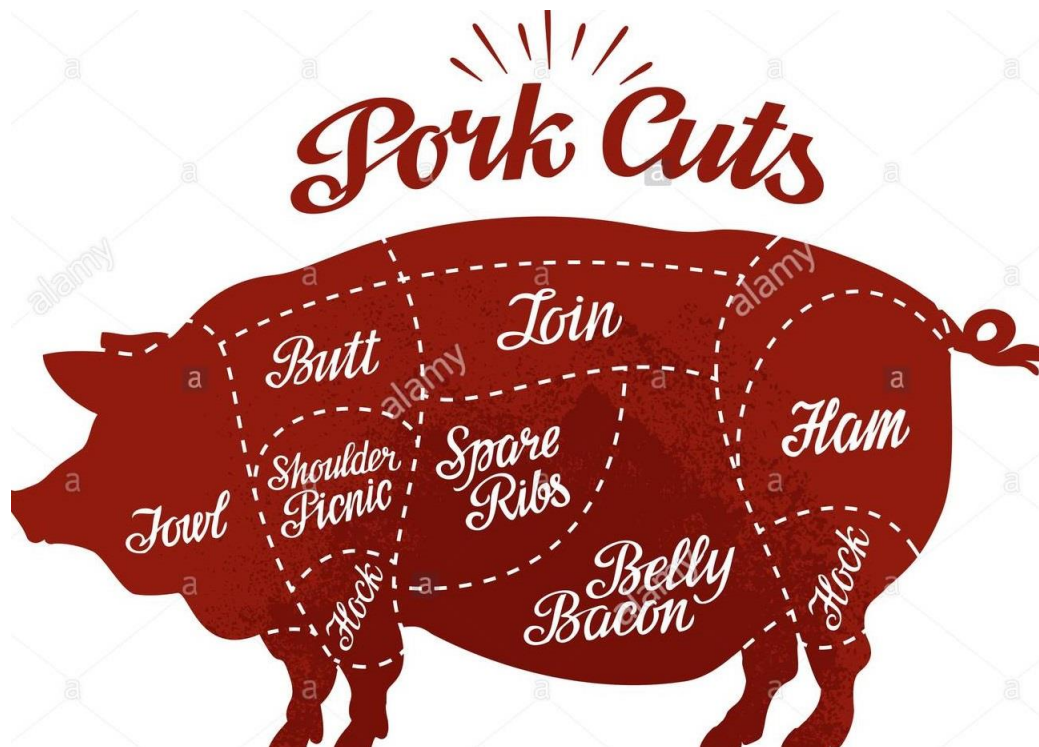


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**Факультет технології виробництва і переробки
продукції тваринництва, стандартизації та біотехнології**

Інженерно-енергетичний факультет

**Математико-економічні моделі прогнозування м'ясної
продуктивності свиней
(виробничо-практичні рекомендації)**



**Миколаїв
2020**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**Факультет технології виробництва і переробки
продукції тваринництва, стандартизації та біотехнології**

Інженерно-енергетичний факультет

**МАТЕМАТИКО-ЕКОНОМІЧНІ МОДЕЛІ
ПРОГНОЗУВАННЯ М'ЯСНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ
СВИНЕЙ
(виробничо-практичні рекомендації)**

**Миколаїв
2020**

УДК 636.4.082
М-34

Рекомендовано до друку рішенням вченої ради Миколаївського національного аграрного університету від «22» грудня 2020 р., протокол № 4.

Укладачі:

- С. І. Луговий - д-р с.-г. наук, доцент, в.о. завідувача кафедри генетики, годівлі тварин та біотехнології, Миколаївський національний аграрний університет;
- С. С. Крамаренко - д-р біол. наук, професор, професор кафедри генетики, годівлі тварин та біотехнології, Миколаївський національний аграрний університет;
- О. С. Крамаренко - канд. с.-г. наук, ст. викладач кафедри технології переробки, стандартизації і сертифікації продукції тваринництва, Миколаївський національний аграрний університет;
- В.Я.Лихач - д-р с.-г. наук, доцент, провідний науковий співробітник, Миколаївський національний аграрний університет;
- І.П. Атаманюк - д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри вищої та прикладної математики, Миколаївський національний аграрний університет.

Рецензенти:

- Р. Л. Сусол - д-р с.-г. наук, доцент, завідувач кафедри технології виробництва та переробки продукції тваринництва, Одеський державний аграрний університет;
- О. О. Стародубець - канд. с.-г. наук, доцент, доцент кафедри птахівництва, якості та безпечності продукції, Миколаївський національний аграрний університет.

З М І С Т

ВСТУП	5
СУЧАСНІ ППП: ПРИЗНАЧЕННЯ, СТРУКТУРА ТА ГОЛОВНІ ОСОБЛИВОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ	7
ВИКОРИСТАННЯ ФРАКТАЛЬНОГО АНАЛІЗУ ДЛЯ ГІСТОСТРУКТУРИ М'ЯЗОВОЇ ТКАНИНИ СВИНЕЙ	15
МЕТОД ІНДИВІДУАЛЬНОГО ПРОГНОЗУВАННЯ ВІДТВОРЮВАЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ СВИНОМАТОК НА ПІДСТАВІ НЕЛІНІЙНОЇ КАНОНІЧНОЇ МОДЕЛІ ВИПАДКОВОЇ ПОСЛІДОВНОСТІ	22
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	28

ВСТУП

Агропромисловий комплекс – складна ієрархічна динамічна система, яка функціонує і розвивається в умовах невизначеності. Трансформація агропромислових підприємств, в тому числі сільськогосподарських, до ринкового середовища суттєво змінила соціально-економічні та правові відносини і вимагає нових підходів до процесів управління та планування виробництвом. Конкуренція, постійна мінливість кон'юнктури та погодних умов, розвиток науково-технічного прогресу – основні чинники невизначеності діяльності сільськогосподарських підприємств. Ця невизначеність породжує економічний ризик. Отже, для врахування наслідків невизначеності в діяльності сільськогосподарських підприємств необхідно проводити аналіз, оцінювати та управляти економічним ризиком.

Для сучасного підприємства при прийнятті управлінських рішень, спрямованих на його розвиток, важливу роль відіграють методи прогнозування. Кожне підприємство використовує ті методи прогнозування, що є найбільш ефективними для його діяльності, в тій чи іншій ситуації. Використання моделей та методів прогнозування повинно забезпечити продуктивне використання наявного економічного потенціалу підприємства, сприяти реалізації наявних можливостей, мінімізувати існуючі та потенційні ризики.

У тваринництві найчастіше використовують методи середньострокового прогнозування, основою яких є використання причинно-наслідкових зв'язків та математичного моделювання. Однак, вивчення факторів, що впливають на

продуктивність тварин, які необхідні для середньострокового прогнозування, потребує високої кваліфікації, є досить трудомістким та не виключає можливості, що якийсь суттєвий фактор буде не врахований.

Роль і місце прогнозування в системі господарських відносин досліджували ряд вітчизняних і зарубіжних вчених, зокрема, Дж. Бокс, В.В. Вітлінський, Ю.О. Городниченко, В.І. Канторович, М.Д. Кондратьєв, А.В. Скрипник, С.Г. Струмлілн, О.І. Черняк, Л.А. Швайка та ін. Однак подальшого дослідження потребує прогнозування розвитку галузі тваринництва з використанням методів економіко-математичного моделювання та інформаційних технологій.

Прогноз визначає можливе майбутнє значення певного показника, що характеризує соціально-економічне явище або процес, який пов'язується з умовами, що мають найбільшу імовірність. Майбутнє залежить від багатьох випадкових факторів, складне поєднання яких практично неможливо відслідковувати. А отже, всі прогнози носять імовірнісний характер.

Завданнями прогнозування є:

- виявлення імовірних шляхів та результатів найближчого або більш віддаленого розвитку соціально-економічних явищ на базі реальних процесів дійсності;

- розробка оптимальних тенденцій розвитку із врахуванням складеного

прогнозу та оцінка прийнятого рішення з позицій його наслідків у періоді, що прогнозується.

Процес прогнозування, що базується на математично-статистичних методах, включає наступні етапи.

На першому етапі здійснюється узагальнення даних, що одержані за тривалий період та будується математично-статистична модель.

На другому етапі на базі статистичних закономірностей і за допомогою побудованої математично-статистичної моделі визначається значення ознаки, яка прогнозується, обирається оптимальна тенденція розвитку та оцінюється рішення з позицій його наслідків у прогнозованому періоді.

До кількісних методів прогнозування належать такі підгрупи методів, як екстраполяція та моделювання. Методи екстраполяції – це прийоми найменших квадратів, рухомих середніх, експоненційного згладжування та ін. До методів моделювання належать прийоми структурного, сітьового та матричного моделювання.

Для стратегічного аналізу корисними є також методи прогнозування за допомогою регресійного аналізу. Регресійний аналіз можна розглядати як математичний метод прогнозування. Результатом регресійного аналізу є рівняння або функція регресії з однією або декількома незалежними змінними, що використовується для визначення залежної змінної. Майбутні значення залежної змінної прогноуються шляхом підстановки у рівняння певних значень незалежних змінних. Регресійний аналіз є відносно дорогим, але комплексним і надійним прийомом.

Оскільки традиційні методи управління та планування не забезпечують збалансованості планів, оптимальної (раціональної) траєкторії функціонування та розвитку сільськогосподарського виробництва, тому необхідно, з урахуванням умов невизначеності, розробити сучасні інформаційні технології стратегічного і тактичного планування, ядром яких мають бути відповідні економіко-математичні моделі.

В цих виробничо-практичних рекомендаціях нами розглянуто три елементи математико-економічного моделювання в свинарстві. По-перше, сучасні пакети прикладних програм, їх призначення, структура та головні особливості функціонування. По-друге, використання фрактального аналізу для гістоструктури м'язової тканини свиней. І, нарешті, використання методу індивідуального прогнозування відтворювальної здатності свиноматок на підставі нелінійної канонічної моделі випадкової послідовності.

Виробничо-практичні рекомендації розраховано на різних фахівців в галузі свинарства, а також НПП ЗВО та наукових установ аграрного профілю.

СУЧАСНІ ППП: ПРИЗНАЧЕННЯ, СТРУКТУРА ТА ГОЛОВНІ ОСОБЛИВОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ

Комп'ютерні системи для аналізу даних - пакети прикладних програм (ППП) - є, у порівнянні з іншими наукомісткими програмами, мабуть, найбільше широко застосовуваними в практичній і дослідницькій роботі в різноманітних областях людської діяльності.

Була запропонована класифікація самих статистичних пакетів по чотирьох групах:

- інтегровані пакети загального призначення;
- спеціалізовані пакети;
- предметно- (чи проблемно-) орієнтовані пакети;
- навчальні програми.

Існує біля тисячі розповсюджуваних на світовому ринку пакетів, що вирішують у тім чи іншому виді задачі статистичного аналізу даних, у середовищі DOS чи Windows. Із західних *універсальних пакетів* найбільш відомі і добре відпрацьовані комп'ютерні системи SPSS, NCSS, Statgraphics, Statistica та ін.

ППП повинен задовольняти наступним основним вимогам:

- принципу модульності програмного забезпечення;
- використання простої проблемно-орієнтованої мови для формулювання завдання користувача;
- автоматична організація процесу обробки даних і зв'язків модулями пакета;
- наявність засобів ведення банку даних користувача і результатів проробленого аналізу;
- можливість діалогового режиму роботи користувача з пакетом; сумісність з іншим програмним забезпеченням.

ППП STATISTICA та його головні модулі

Загальна інформація. Пакет вимагає володіння статистичною термінологією. На ринку у нинішній час поширені версії 5.5, 6.0 і 7.0 для MS Windows (рис. 1).

Statistica за своєю структурою складається з декількох зв'язаних між собою «міні-пакетів»: *Базова статистика, Непараметрична статистика, Керування даними, Дисперсійний аналіз, Множинна регресія, Нелінійна регресія* і багато інших. Ці «міні-пакети» взаємодіють один з одним, маючи однаковий формат системних файлів.

У плані функціонального наповнення ППП (у порівнянні, наприклад, з програмою StatGraphics), відрізняється великою розмаїтістю; наприклад, він містить у собі ряд непараметричних методів аналізу, методи багатомірного аналізу: дискримінантного, факторного, кластерного логлінійного й ін.

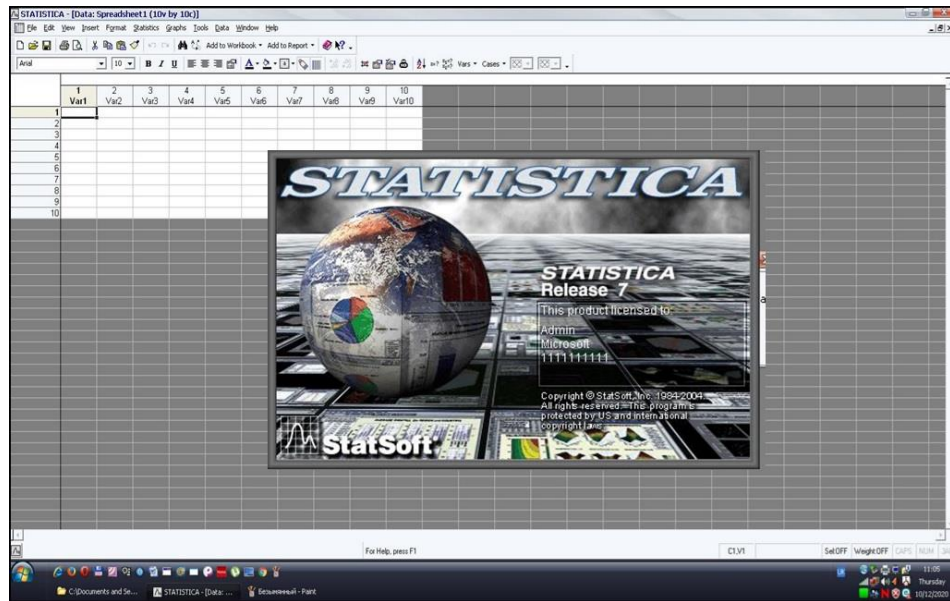


Рис. 1. Загальний вигляд ППП STATISTICA

Особливості керування пакетом. Дані легко ввести в середовище пакета, відносно легко відредагувати, створити нові змінні («ознаки»), вибрати окремі спостереження. Завдяки великій панелі інструментів, для виконання більшості задач досить кілька кліків мишки, тому що майже для усіх функцій пакета маються піктограми. Крім того, кліком правої кнопки мишки можна викликати додаткові підменю, що істотно прискорюють роботу з пакетом.

Використання OLE технології обміну між Windows-продуктами дозволяє легко інтегрувати результати, наприклад, у WinWord із Statistica.

Найбільш сильною стороною пакета є графіка і засоби редагування графічних матеріалів. Представлено сотні типів графіків: типу 2D чи 3D (маються навіть графіки типу 4-D), матриці і піктограми. Є можливість розробити свій дизайн графіка і додати його в меню.

Крім того, пакет має тритомну документацію в 3000 сторінок і коротке керівництво. В екранний довідник входить майже вся інформація друкованої документації.

ППП «NCSS-2003» та його основні модулі

ППП «NCSS-2003» (Number Cruncher Statistical System) розроблений Дж.Хінтце (США) у 2001 р. Один з найбільш розповсюджених програмних продуктів у світі (рис. 2). Одним з важливих переваг даного ППП є дуже повний і докладний опис, приведене в Help'і.

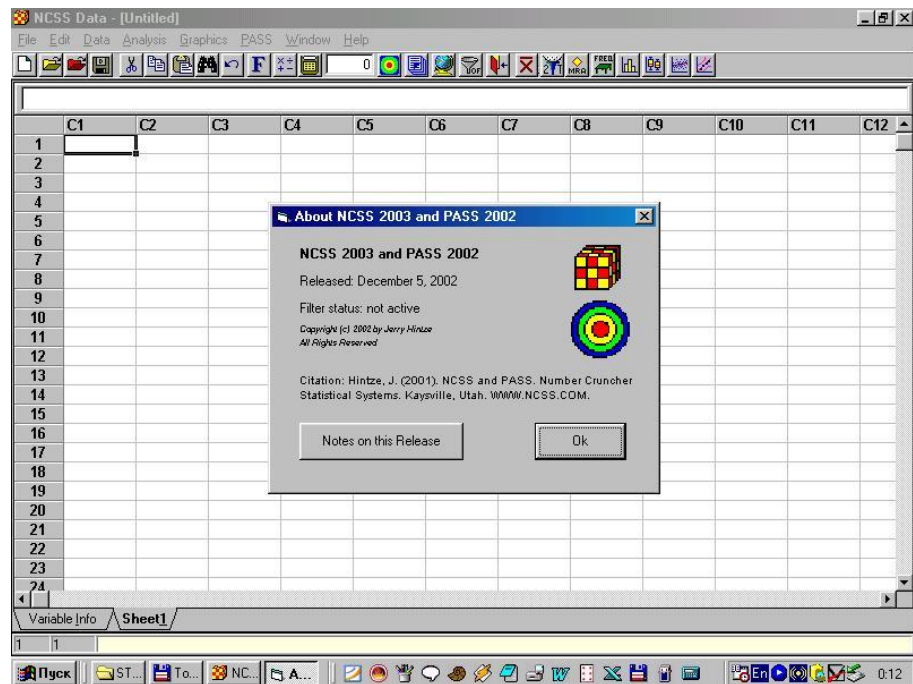


Рис. 2. Загальний вигляд ППП «NCSS-2003»

ППП «NCSS-2003» являє собою багатокомпонентний інтерфейс, що у блоці «Аналіз» представлений наступними модулями:

- **ANOVA** (простий дисперсійний аналіз, Загальна Лінійна Модель, Лог-лінійні Моделі, множинний дисперсійний аналіз і ін.);
- **Кластеризація** (різні методи кластеризації – дендрограми, ієрархічна кластеризація, кластеризація по К-середнім);
- **Описова статистика** (описова статистика для кількісних перемінних, кросстабуляція для якісних);
- **Аналіз часових рядів** (представлена модель ARIMA, ауто- і крос-кореляція, спектральний аналіз і ін.);
- **Багатовимірний аналіз** (Аналіз Головних Компонентів, Факторний аналіз, Канонічні кореляції й ін.);
- **Аналіз якісних перемінних** (оцінка частот в одне- і двохвибіркових аналізах, критерій Хі-квадрат, тести Мантеля-Хензеля, Макнемара й ін.);
- **Контроль якості** (методи Промислової статистики);
- **Регресія і Кореляція** (Лінійна і нелінійна, проста і множинна регресія, кореляційні матриці);
- **Аналіз таблиць виживаності;**
- **T-тести** (одне- і двохвибірковий, парний, множинний T2 Хотеллінга й ін.).

ППП SPSS і його головні модулі

Загальна інформація. Пакет призначений у першу чергу для статистиків-професіоналів, тому що має досить могутній апарат статистичного аналізу. Завдяки переорієнтації розроблювачів на платформу

Windows, програма SPSS стала в даний час одним з лідерів серед універсальних статистичних пакетів (рис. 3).

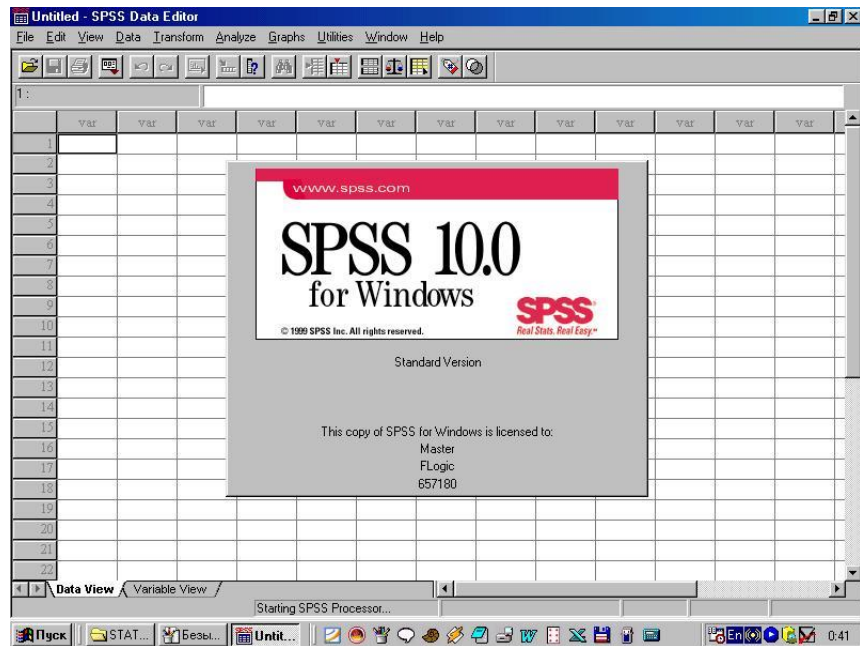


Рис. 3. Загальний вигляд ППП SPSS

Для роботи з ППП потрібно ПЕОМ з ОС Windows 95 чи вище і монітором VGA.

SPSS для Windows (версії 7.0-13.0) відрізняється різноманітними можливостями по керуванню даними і маніпулюванню отриманими результатами, по роботі з електронними таблицями. SPSS надає досить зручну графіку (більш 50 типів діаграм), а також розвиті засоби підготовки звітів. Аналітичні параметри відображаються на екрані у виді простих і ясних меню і діалогових вікон.

Для ефективного застосування пакета потрібні методи з модулів SPSS BASE і Professional Statistics. Істотно ж підвищити чи ефективність класифікації і прогнозу може застосування частини (чи усіх) з модулів Advanced Statistics. Перший модуль містить, зокрема, моделі логістичної регресії, а також ряд методів, суміжних із класифікацією. Модуль CHAID знаходить значимі зв'язки і вирішує задачі ієрархічного кластерного аналізу, у результаті чого будуються дендрограми..

У SPSS також вирішені питання обміну з іншими Windows-продуктами і підтримується взаємообмін з більшістю форматів баз даних. Так, можна, не виходячи із середовища WinWord, одночасно працювати в середовищі SPSS і, навпаки, дуже легко переносити отримані тестові чи графічні результати з SPSS у документ системи Word.

Переваги та недоліки. На думку розробників пакета у своїй повній конфігурації SPSS для Windows є пакетом з найбільш високим значенням параметра **потужність**: він має дуже повний набір статистичних (усього їхній більш 60-ти) і графічних процедур, а також процедур створення звітів. Також, творці пакета пишаються інтерфейсом SPSS з користувачем,

вважаючи його дуже простим і зручним. Крім того, традиційно пакет відрізняється високою точністю обчислень.

Однак, за підвищені комфорт і потужність потрібно заплатити чималі суми. Так, модулі «Advanced Statistics» і CHAID коштують біля \$500 і \$700. Набір з модулів для рішення задач класифікації в складі SPSS BASE і Professional Statistics коштує біля \$1100.

ППП Statgraphics і його головні модулі

Загальна інформація. Пакет призначений в основному для тих користувачів, що вже мають визначений досвід у статистиці. Особливо це стосується модуля з багатомірними методами. Пакет був зразу розроблений для платформи IBM PC і націлений, у першу чергу, на графічні можливості комп'ютерної статистики. Однак, постійне його удосконалювання в плані функціональних алгоритмів і способів керування даними істотно підсилило його базову **потужність**, що сильно підвищило його конкурентоздатність (рис. 4).

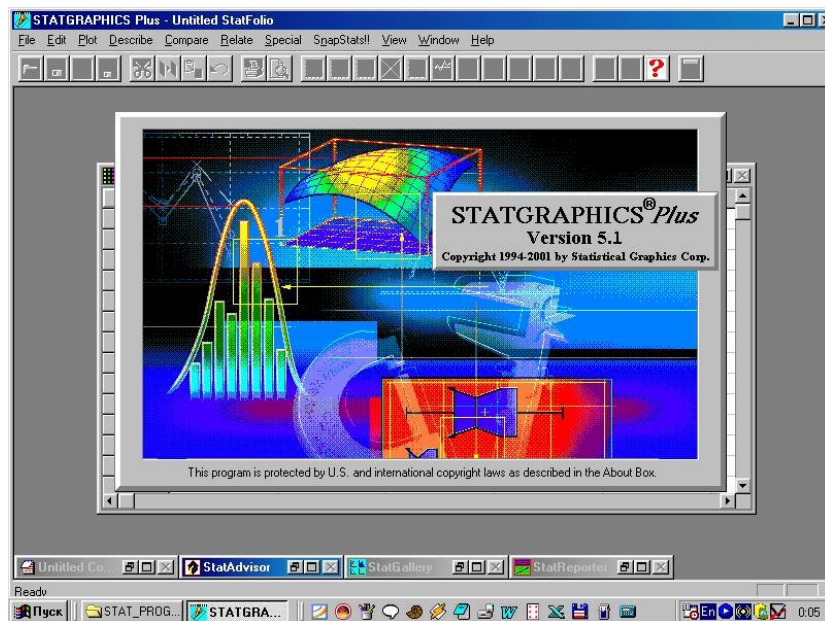


Рис. 4. Загальний вигляд ППП Statgraphics

Його найважливішим «плюсом» вважається вдале з'єднання математичного апарата обробки даних із сучасною інтерактивною графікою. Інші, менш істотні його достоїнства — це широкі можливості взаємодії з електронними таблицями і СУБД (типу dBASE), а також з різноманітною периферією. Обмін з таблицями в Windows-версії виконується через стандартний буфер обміну.

Пакет Statgraphics побудований за модульним принципом. *Базовий* модуль містить ряд загальних процедур, а також процедури лінійної регресії. У розділі *Описової статистики* можна проаналізувати одну чи декілька змінних, підігнати ті чи інші теоретичні функції розподілу, одержати

цікавлячі статистики. Є можливість розрахувати коефіцієнти кореляції Пірсона і рангової кореляції Спірмена, але інших засобів ранжирування змінних немає.

Традиційно пакет має великі і дуже гнучкі графічні можливості: у наявності не тільки 2D кольорові, але і 3D графіки, діаграми, графіки, частотні гістограми, діаграми розсіювання, стовпчасті і кругові діаграми.

Багатомірний аналіз винесений, як і ряд інших розділів статистики, у додаткові модулі. Усього їх чотири: *Контролю якості*, *Планування експериментів*, *Часові ряди* і *Багатовимірні методи*.

Недоліки пакета. Невеликими недоліками ППП Statgraphics є нечіткості в його довідковій системі і видача результатів розрахунків з точністю до 4–5 значущих цифр. Є і більш серйозні мінуси. Наприклад, пакет некоректно працює при проведенні парних порівнянь на основі t-критерію. У плані коректності обчислень, очевидно, пакет трохи уступає своїм найближчим конкурентам (Statistica, SPSS).

ППП Minitab і його головні модулі

ППП Minitab є пакетом програм для обробки статистичних даних. Він був розроблений в Університеті штату Пенсільванія вченими Барбарою Райан, Томасом Райаном-молодшим і Брайаном Джорнером в 1972 році. ППП Minitab з'явився як полегшена версія OMNITAB, програми статистичного аналізу, розробленої в Національному інституті стандартів і технологій.

ППП Minitab поширюється приватною компанією Minitab Inc зі штаб-квартирою в Стейт Коледж, Пенсильванія, з філіями в Ковентрі, Англія (Minitab Ltd), Парижі (Minitab SARL) і Сіднеї (Minitab Pty).

Остання версія програмного забезпечення ППП Minitab 18 доступна на 7 мовах: англійській, французькій, німецькій, японською, корейською, спрощеною китайською та іспанською.

Основні модулі ППП Minitab:

- **Управління даними та файлами;**
- **Регресійний аналіз;**
- **Потужність і розмір вибірки;**
- **Таблиці і діаграми;**
- **Багатовимірний аналіз (факторний аналіз, кластерний аналіз, аналіз відповідностей і т.п.);**
- **Непараметричний аналіз;**
- **Часові ряди і прогнозування;**
- **Статистичне управління процесами;**
- **Системний аналіз вимірювань;**
- **Дисперсійний аналіз.**

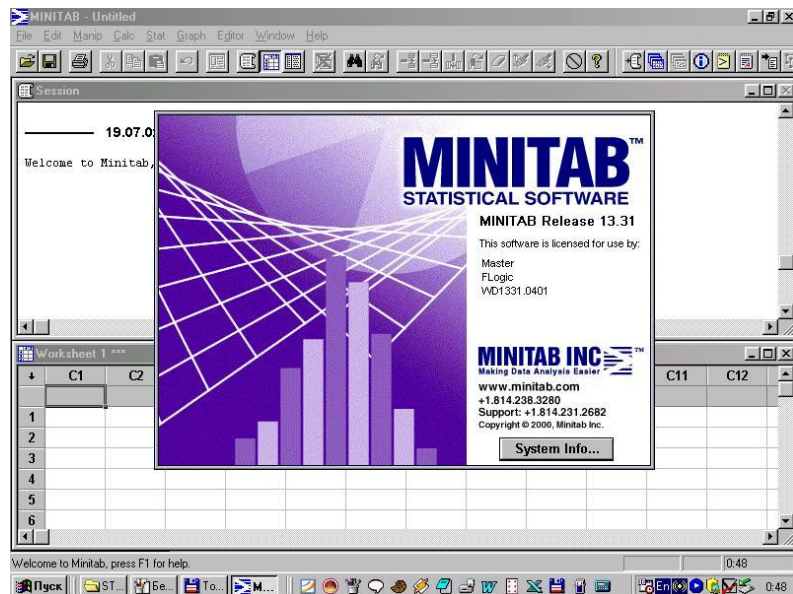


Рис. 5. Загальний вигляд ППП Minitab

Надбудова «Пакет аналізу» MS Excel і його структура

Надбудова «Пакет аналізу» входить у число представлених у MS Excel надбудов (Add-In) (стандартний набір). Активізується через опцію «Надбудови». Працює із даними, набраними у електронній таблиці MS Excel (Рис. 6). Результати видає у окремих вікнах.

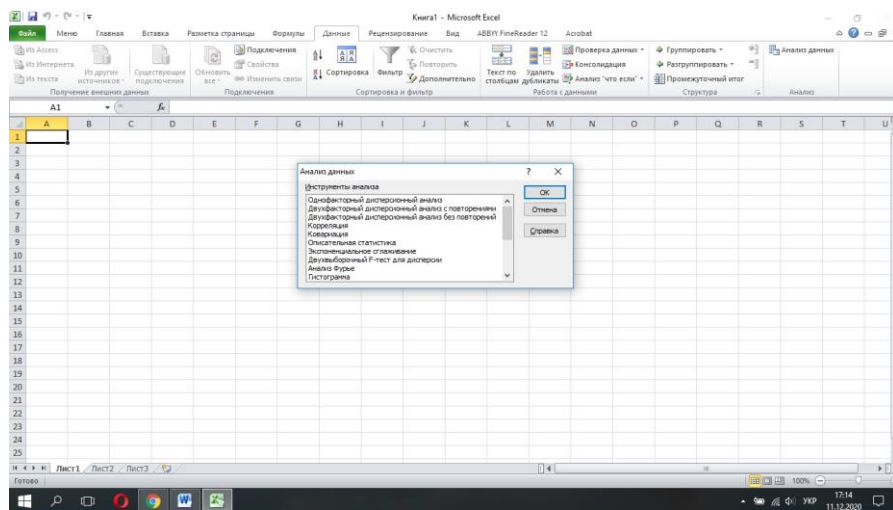


Рис. 6. Загальний вигляд надбудови «Пакет аналізу» MS Excel

Містить наступні модулі:

- **Однофакторний дисперсійний аналіз** (простий фішерівський дисперсійний аналіз);
- **Двофакторний дисперсійний аналіз без повторностей** (для аналізу матриць з одним спостереженням у кожному осередку);
- **Двофакторний дисперсійний аналіз із повторностями;**

- **Кореляція** (видає трикутні кореляційні матриці, але без оцінок рівня значимості);
- **Описова статистика** (представлені головні вибіркові статистики – середнє, мода, медіана, варіанса, дисперсія, асиметрія й ексцес і ін.);
- **Двохвибірковий F-тест для дисперсії** (варіанси);
- **Гістограма** (оцінка абсолютних і відносних частот для побудови варіаційного ряду і гістограм розподілу);
- **Регресія** (лінійна, проста і множинна, з оцінками значимості коефіцієнтів регресії, коефіцієнта детермінації і помилки регресії);
- **Парний двухвибірковий t-тест для середніх;**
- **Двохвибірковий t-тест з однаковими дисперсіями;**
- **Двохвибірковий t-тест із різними дисперсіями.**

ВИКОРИСТАННЯ ФРАКТАЛЬНОГО АНАЛІЗУ ДЛЯ ГІСТОСТРУКТУРИ М'ЯЗОВОЇ ТКАНИНИ СВИНЕЙ

Якість м'яса має генетичну обумовленість і змінюється залежно від породи, живої маси, віку тварин та умов зовнішнього середовища. Породні відмінності щодо якості свинини базуються на кількісному співвідношенні та ступені формування м'язової й жирової тканин.

Для якісної характеристики м'яса має значення не лише кількість жиру в м'язовій тканині, але й дифузність його розподілу. Міжпучковий жир розміщується в прошарках сполучної тканини м'ясо-сальних свиней у вигляді невеликих скупчень. У м'ясних тварин жирові клітини розміщені більш дифузно між окремими м'язовими пучками й доволі часто зустрічаються в середині цих пучків, що робить тканину більш ніжною. Від кількості, властивостей і розміщення сполучної тканини залежить ніжність м'яса. На ніжність м'яса також у значній мірі впливає структура волокон і м'язових пучків, а також вміст жиру та його розташування.

На початку 2000-х років було запропоновано принципово новий підхід до оцінювання характеру взаємного розміщення м'язових пучків та внутрішньом'язового жиру, що базується на аналізі цифрових зображень гістологічних препаратів із використанням алгоритму фрактального аналізу. Основним елементом фрактального аналізу є розрахунок фрактальної розмірності (fractal dimension - FD), що є мірою самоподібності й може приймати неціле значення.

Вже доведено інформаційне значення використання фрактального аналізу при дослідженні характеру текстур та ступеня мармуровості яловичини. При цьому, оцінки фрактальної розмірності зразків можуть бути використані, навіть, для визначення країни їх походження. Використовувався фрактальний аналіз й для дослідження характеру розміщення внутрішньом'язового жиру у м'ясі свиней різних порід.

Таким чином, *основною метою* нашого дослідження став аналіз гістоструктури м'язової тканини свиней різних порід та їх поєднань із використанням фрактальної розмірності.

Для проведення дослідження було сформовано десять груп тварин (табл. 1). Для вивчення гістологічних особливостей м'язової тканини у свиней дослідних груп (при досягненні ними живої маси 100 кг) були відібрані зразки найдовшого м'язу спини (*m. longissimus dorsi*) у кількості 10 шматочків з кожної групи розміром 2×2×2 см, які відразу фіксувалися у 10% розчині нейтрального формаліну протягом доби. Для подальшого збереження зразки переносилися у 5% розчин нейтрального формаліну. Виготовлення гістопрепаратів, а також їх аналіз здійснювали за загальноприйнятою методикою.

Світлооптичні дослідження ділянок м'язової тканини проводили за допомогою світлового мікроскопа «E. Leitz «diaplan» Wetzlar» (Німеччина) і галогенового освітлювача «Linvatex-2» (США) номінальною потужністю 10-240 Вт. Додаткове контрастування мікропрепаратів виконувалося за

допомогою мультиформних фільтрів «ФГПМ-3Х» (Російська Федерація).

Таблиця 1 - Породний склад дослідних груп свиней різних порід та поєднань

Група	Порода	
	свиноматки	кнур
1	ВБ	ВБ
2	УМ	УМ
3	Д	Д
4	Л	Л
5	ВБ	Д
6	Д	ВБ
7	Л	Д
8	Д	Л
9	Л	ВБ
10	ВБ	Л

Морфометричне дослідження тканинних структур виконано за допомогою вбудованого стандартного окуляр-мікрометра, а також з використанням градуйованої накладної сітки (окуляр 7х (Гюйгенса), об'єктив 60х, «Аро-Plan IRIS»). Мікрофотографування гістозрізів здійснювалося цифровою камерою «Nikon D-60» (Японія), із застосуванням триокулярної насадки 1,6х (Російська Федерація) та комп'ютерного визначника експозиції зйомки «Minolta-EK» (Японія). Визначення діаметра м'язових волокон і співвідношення структурних компонентів м'язової тканин свиней різних дослідних груп здійснювали за методикою М. С. Козія та В. О. Іванова.

Для проведення фрактального аналізу всі вихідні кольорові електронні зображення (у форматі bmp) були перетворені у чорно-білі, де чорним кольором були позначені окремі пучки м'язів, а білим – сполучна та жирова тканина (рис. 7).

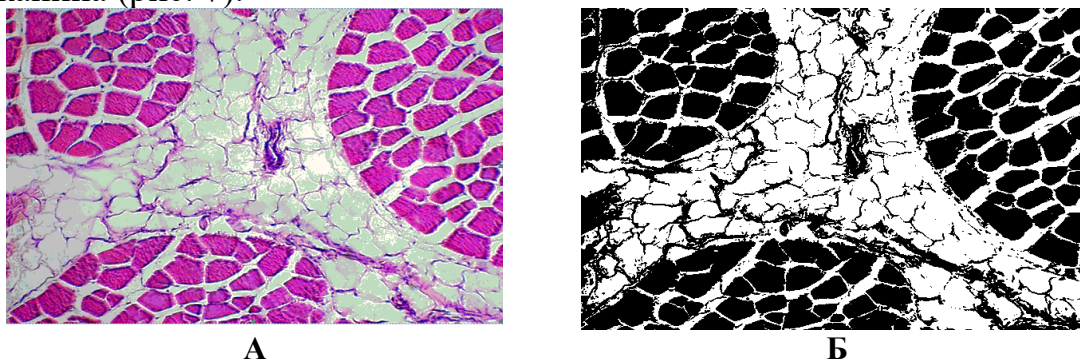


Рис. 7. Поперечний зріз найдовшого м'язу спини свиней 1-ої групи: А – кольорове зображення (гематоксилін Бемера, фуксилін Харта в модифікації; коригувальний фільтр «ФГПМ-3Х», 80х); Б – чорно-біле зображення.

Розрахунок величини фрактальної розмірності (FD) гістопрепаратів м'язової тканини свиней дослідних груп було проведено з використанням box-counting алгоритму. Для цього, вся поверхня зображення вкривалася сіткою із квадратів, що мали сторону у ϵ пікселів. Величина ϵ поступово збільшувалася – 1, 2, 4, 8, 16, ... 512 пікселів (рис. 8).

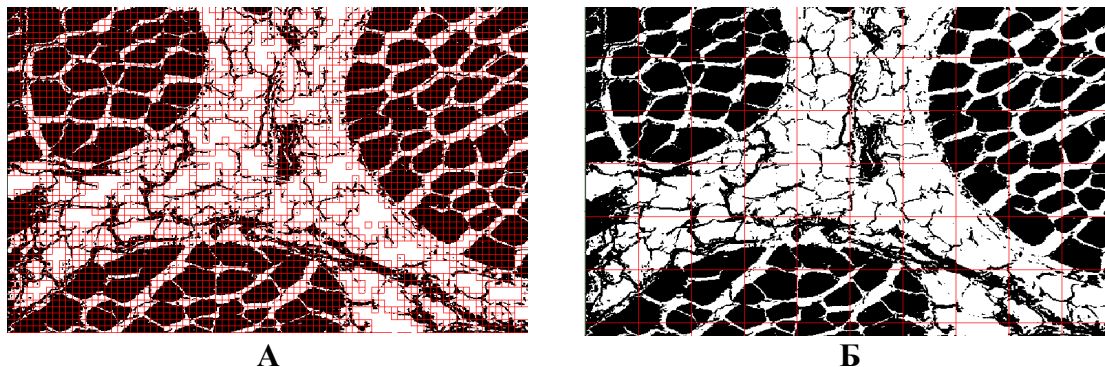


Рис. 8. Зображення рис. 4.1Б, вкрите сіткою із різною величиною ϵ : А - $\epsilon = 2$ пікселя; Б - $\epsilon = 16$ пікселів.

Для кожного значення ϵ було підраховано кількість квадратів, що містили чорні елементи зображення – $N(\epsilon)$.

Співвідношення між $N(\epsilon)$ та ϵ може бути описано наступною формулою:

$$\log N(\epsilon) = \alpha - \beta \cdot \log(\epsilon), \quad (1)$$

де α – постійна величина, а коефіцієнт β представляє собою оцінку фрактальної розмірності (FD), що може бути розрахована з використанням алгоритму лінійного регресійного аналізу (рис. 9).

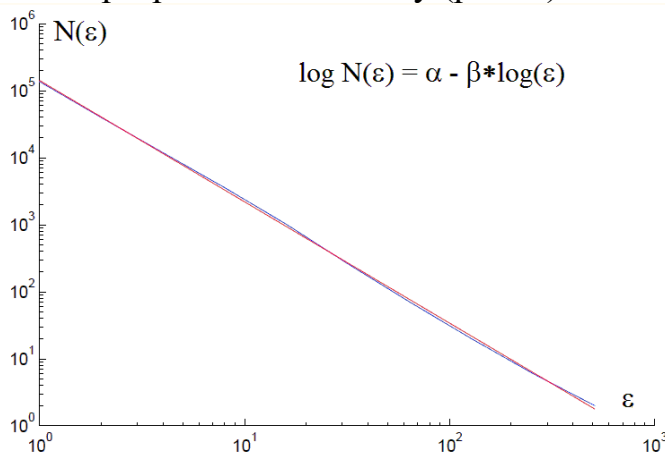


Рис. 9. Графік залежності між $N(\epsilon)$ та ϵ у бі-логарифмічному масштабі. (Наведено фактичну та модельну лінію регресії.)

Фрактальний аналіз зображень та оцінювання FD було проведено за допомогою спеціального програмного забезпечення Fractalyse - Fractal Analysis Software v. 2.4.1. (www.fractalyse.org).

Розрахунок коефіцієнтів парної лінійної кореляції між оцінками FD та діаметром м'язового волокна і часткою паренхімної тканини гістологічних зразків свиней різних дослідних груп було проведено за допомогою програми PAST v. 2.14.

Із збільшенням середнього діаметру м'язового волокна свиней дослідних груп проглядається тенденція до збільшення площі паренхімної тканини в зразках. Але при цьому, найвищі оцінки частки паренхімної тканини було відмічено серед 7-ої та 8-ої груп свиней (прямі та реципрокні схрещування свиней порід Л та Д) із найнижчим діаметром м'язового волокна (16-18 мкм), а також наявністю між їх м'язовими волокнами малої кількості сполучної тканини (рис. 10).

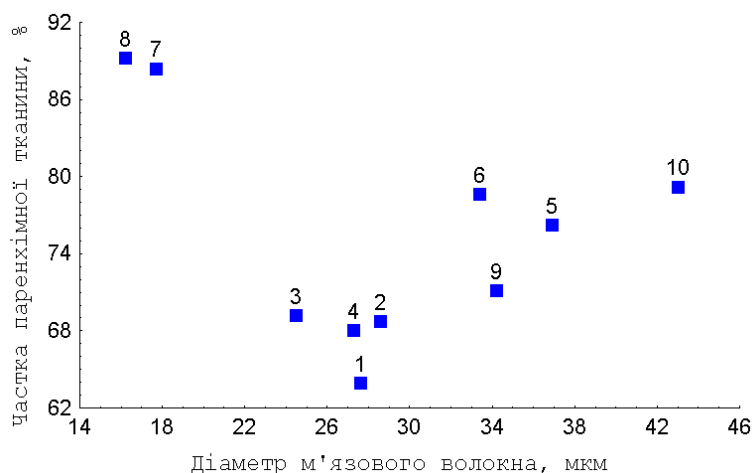


Рис. 10. Залежність між середнім діаметром м'язового волокна та часткою паренхімної тканини гістопрепаратів свиней дослідних груп

Таким чином, проглядається два основних патерни формування м'язової тканини найдовшого м'язу спини свиней – із великими у діаметрі м'язовими волокнами, що мають гетерогенне розміщення, простір між якими заповнений жировою та/або сполучною тканиною, та із вузькими м'язовими пучками, розміщеними дуже щільно, простір між якими майже не заповнений.

Оцінки фрактальної розмірності гістопрепаратів дослідних груп свиней варіювали від $FD = 1,808$ (група 4) до $FD = 1,886$ (група 10). При цьому, коефіцієнт детермінації (R^2), що оцінював міру точності отриманих величин, мав дуже високі значення – 0,9938-0,9998 (табл. 2).

Таблиця 2 - Оцінки фрактальної розмірності (FD) гістопрепаратів свиней дослідних груп

Група	Фрактальна розмірність (FD)	Коефіцієнт детермінації (R^2)
1	1,809	0,9964
2	1,833	0,9942
3	1,817	0,9940
4	1,808	0,9974
5	1,842	0,9996
6	1,812	0,9978
7	1,869	0,9986
8	1,872	0,9990
9	1,850	0,9998
10	1,886	0,9938

Оцінки фрактальної розмірності гістологічних зразків були тісно пов'язані із морфологічними характеристиками м'язової тканини свиней. Так, було відмічено позитивну залежність між оцінками фрактальної розмірності та середнім діаметром м'язового волокна найдовшого м'язу спини свиней дослідних груп (рис. 11).

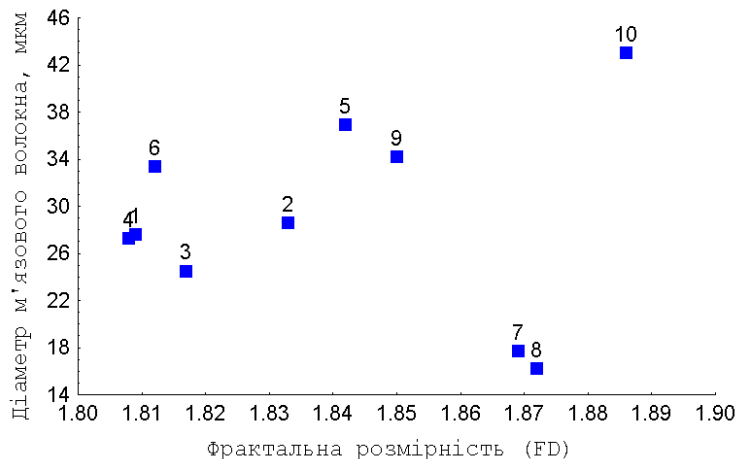


Рис. 11. Залежність між фрактальною розмірністю (FD) та середнім діаметром м'язового волокна гістопрепаратів свиней дослідних груп

Значення коефіцієнту парної лінійної кореляції між ними (при виключенні свиней 7-ої та 8-ої груп) складало $r = 0,850$ ($P = 0,008$). Суттєву позитивну кореляцію було відмічено також між оцінками фрактальної розмірності (FD) гістологічних зразків та часткою жирової тканини - $r = 0,735$ ($P = 0,015$). При цьому, тварини 7-ої та 8-ої груп в цьому випадку вже не «випадали» із загальної тенденції (рис. 12).

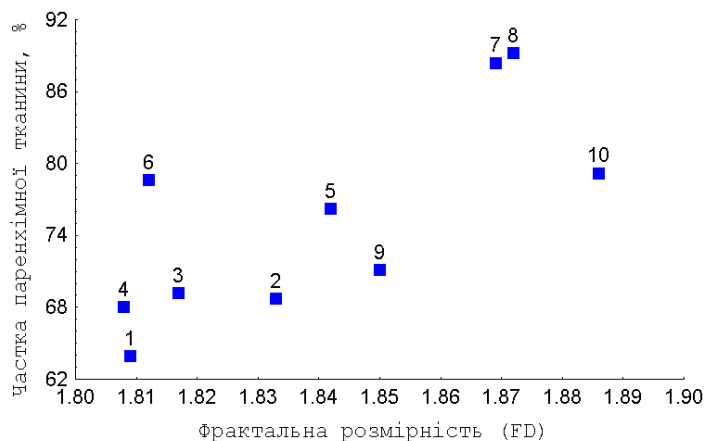


Рис. 12. Залежність між фрактальною розмірністю (FD) та часткою паренхімної тканини гістопрепаратів свиней дослідних груп

На підставі отриманих оцінок фрактальної розмірності всі дослідні групи свиней можна віднести до трьох кластерів, що характеризуються різними механізмами формування м'язової тканин найдовшого м'язу спини. Кластер А включав тварин, які мали найнижчі оцінки фрактальної

розмірності ($FD = 1,808-1,817$). Це свині 1-ої, 3-ої, 4-ої та 6-ої груп (рис. 7, 13). Для цих тварин характерно наявність м'язових пучків різного розміру та форми, що розміщені випадковим чином, а простір між якими заповнено прошарками жирової та/або сполучної тканини різної щільності. За органолептичними показниками м'ясо свиней цих генетичних груп характеризується підвищеною жирністю.



Рис. 13. Поперечний зріз найдовшого м'язу спини свиней 3-ої, 4-ої та 6-ої груп

Кластер Б включав тварин, які мали середні оцінки фрактальної розмірності ($FD = 1,833-1,850$). Це свині 2-ої, 5-ої та 9-ої груп (рис. 14). Для цих тварин характерно наявність м'язових пучків відносно однакової форми та розмірів, із більш-менш гомогенним розміщенням між ними жирової та/або сполучної тканини. М'ясо, отримане від тварин цих груп, за органолептичними показниками характеризується ніжністю та соковитістю з помірним ступенем жирності.

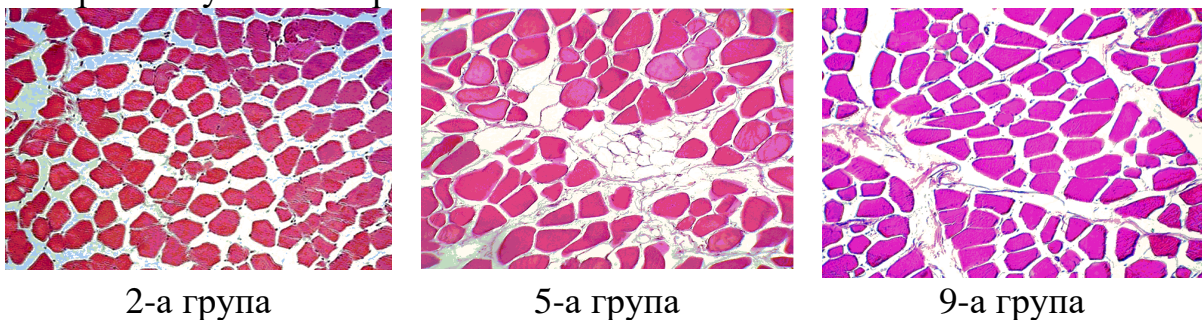
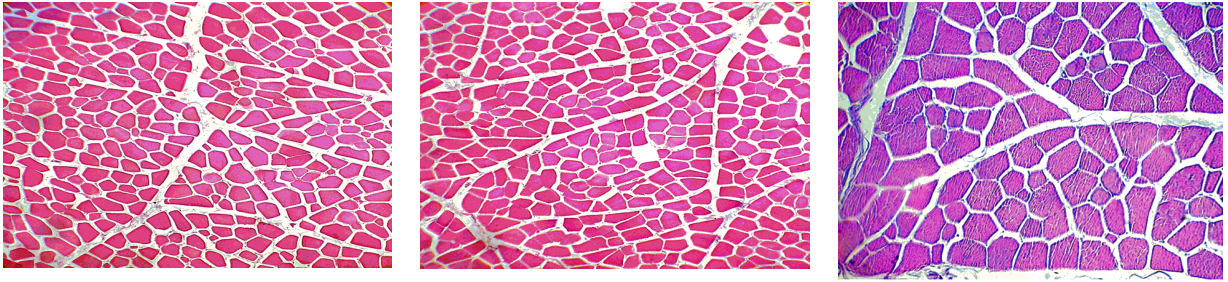


Рис. 14. Поперечний зріз найдовшого м'язу спини свиней 2-ої, 5-ої та 9-ої груп

Нарешті, кластер В включав тварин, які мали найвищі оцінки фрактальної розмірності ($FD = 1,869-1,886$). Це свині 7-ої, 8-ої та 10-ої груп (рис. 15). Для цих тварин характерна наявність м'язових пучків майже однакового розміру та форми, між якими практично відсутні прошарки жирової та/або сполучної тканини. Таким чином, їх м'ясо сухе, пісне та нежирне.

Таким чином, використання фрактального аналізу до гістологічних зразків найдовшого м'язу спини свиней дозволяє отримати оцінку як форми та розмірів м'язових волокон, так й особливостей характеру заповнення простору між ними прошарками жирової та/або сполучної тканини. В

подальшому він може бути використаний для розробки інтегральної оцінки якості м'яса.



7-а група

8-а група

10-а група

Рис. 15. Поперечний зріз найдовшого м'язу спини свиней 7-ої, 8-ої та 10-ої груп

МЕТОД ІНДИВІДУАЛЬНОГО ПРОГНОЗУВАННЯ ВІДТВОРЮВАЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ СВИНОМАТОК НА ПІДСТАВІ НЕЛІНІЙНОЇ КАНОНІЧНОЇ МОДЕЛІ ВИПАДКОВОЇ ПОСЛІДОВНОСТІ

З початку 1990-х років, головною метою в свинарстві стало підвищення рівня багатоплідності свиноматок для максимізації кількості поросят як при народженні, так і при відлученні на одну свиноматку в рік (Biermann et al., 2014). Таким чином, поліпшення репродуктивних якостей свиноматок є ключовим фактором, який визначає ефективність технологічного циклу відтворення свиней і рентабельність виробництва свинини.

Багатоплідність свиноматок - комплексна ознака, яка визначається цілим набором факторів генетичної і не-генетичної природи. З останніх, вік свиноматки (тобто, число опоросів), який визначає фізіологічний статус тварини (ріст, розвиток репродуктивної системи, кондицію і т.п.), напевно, в найбільшого мірою визначає її репродуктивні функції (Schwarz, Коруга, 2006; Canario et al., 2006). Як правило, розміри гнізда свиноматок мають тенденцію підвищуватися до 3-5-му опоросам, а потім плавно знижуються (Tantasuparuk et al., 2000; Tummaruk et al., 2000; Lavery et al., 2019), що пов'язано зі зростанням кількості мертвонароджених поросят у свиноматок старших вікових груп. Ця закономірність найчастіше пояснюється суттєвим осалюванням свиноматок або зниженням м'язового тонуусу матки з віком, що робить менш ефективним процес опоросу (Leenhouwers et al., 1999; Borges et al., 2005).

З іншого боку, кількість мертвонароджених поросят збільшується при підвищенні розмірів гнізда, що пов'язано, перш за все, з асфіксією поросят під час народження (Zaleski, Hacker, 1993; Canario et al., 2006).

Однак індивідуальний показник багатоплідності свиноматки безпосередньо впливає на її подальше використання в свинарському господарстві, оскільки низькі значення розмірів гнізда за ряд попередніх опоросів підвищують ймовірність її вибракування і заміни ремонтною свинкою для оптимізації вікової структури, при якій загальна кількість поросят на свиноматку в рік буде максимально. Як зазначалося, в середньому частка свиноматок, які піддаються вибракуванню, становить 35-59% на рік (див. огляд Małopolska et al., 2018). Причому, проблеми з відтворювальними якостями, в тому числі і малий розмір гнізда, виявляються причиною вибракування практично кожній третій свиноматки (Lucia et al., 2000).

При цьому багато авторів відзначали, що між розміром гнізда для різних опитувань є слабка, але достовірна фенотипическая кореляція, причому, в найбільшою мірою вона виражена між парами наступних опоросів (Roehle, Kennedy, 1995; Radojković et al., 2018; Ye et al., 2018). Тому з певним рівнем точності можна зробити спробу спрогнозувати майбутній розмір гнізда свиноматки, ґрунтуючись на її показниках за один-два попередніх опороси, і таким чином прийняти рішення про доцільність її вибракування і заміни. В роботі Iida et al. (2015) було відзначено, що високі

показники плодючості за 1-2-ий опороси свиноматок можуть бути використані для прогнозування більш високого рівня їх прижиттєвої продуктивності.

Методи математичного моделювання активно використовуються в свинарстві для розробки оптимізаційних моделей:

- ремонту стада (Huirne et al., 1988);
- доставки свиней на бойню (Jørgensen, 1993);
- ветеринарного обслуговування (наприклад, плану вакцинації стада) (Toft et al., 2005);
- раціону свиней на відгодівлі (Glen, 1983; Pourmoayed et al., 2016);
- відтворення стада (Toft, Jørgensen, 2002) та ін.

Однак, модель оптимізації відтворення, що була запропонована в роботі Toft, Jørgensen (2002), і отримала подальший розвиток в роботі Vono et al., (2012), розглядає не стільки індивідуальні показники плодючості для кожної свиноматки, скільки оцінки, усереднені по стаду в дискретні моменти часу. І спрямовані, відповідно, на моніторинг генерального тренду змін плодючості стада в цілому на основі засобів статистичного контролю таких як, Shewhart Control Charts і V-masks.

У зв'язку з цим, *головною метою* роботи є отримання методу, який дозволяє передбачати індивідуальний розмір гнізда свиноматок, використовуючи дані щодо її плодючості за попередні опороси, і таким чином прогнозувати необхідність її вибракування та заміни.

З огляду на, що випадкова послідовність зміни розміру гнізда матки характеризується слабкими стохастическими зв'язками, для передбачення майбутнього значення розміру гнізда необхідно використовувати методи і моделі, які дозволяють максимально врахувати ймовірні властивості і особливості показників плодючості.

На рис. 16 наведено структурну схему для відображення обчислень функцій координат та дисперсій випадкових коефіцієнтів канонічного розширення.

Популяція, яка використовується для цього дослідження, утримується в умовах ТОВ «Таврійські свині» Скадовського району Херсонської області. Експериментальні матеріали, використані для цього дослідження, відносяться до 100 гол. батьківських свиноматок великої білої породи.

Оцінка репродуктивних показників проводилася для кожної тварини, яка була включена в це дослідження.

Особливості розміру гнізда - загальна кількість поросят при народженні (TNB), багатоплідність (NBA) та кількість поросят при відлученні (NW) - контролювались у перших восьми опоросах

Прогнозна модель для заданих умових експериментів модифікується до наступного виду:

$$m_x^{(7,5)}(1,8) = M[X(8)] + \sum_{j=1}^7 \sum_{v=1}^5 (x^v(j) - M[X^v(j)]) S_{(j)}^{(v)}(8), \quad (2)$$

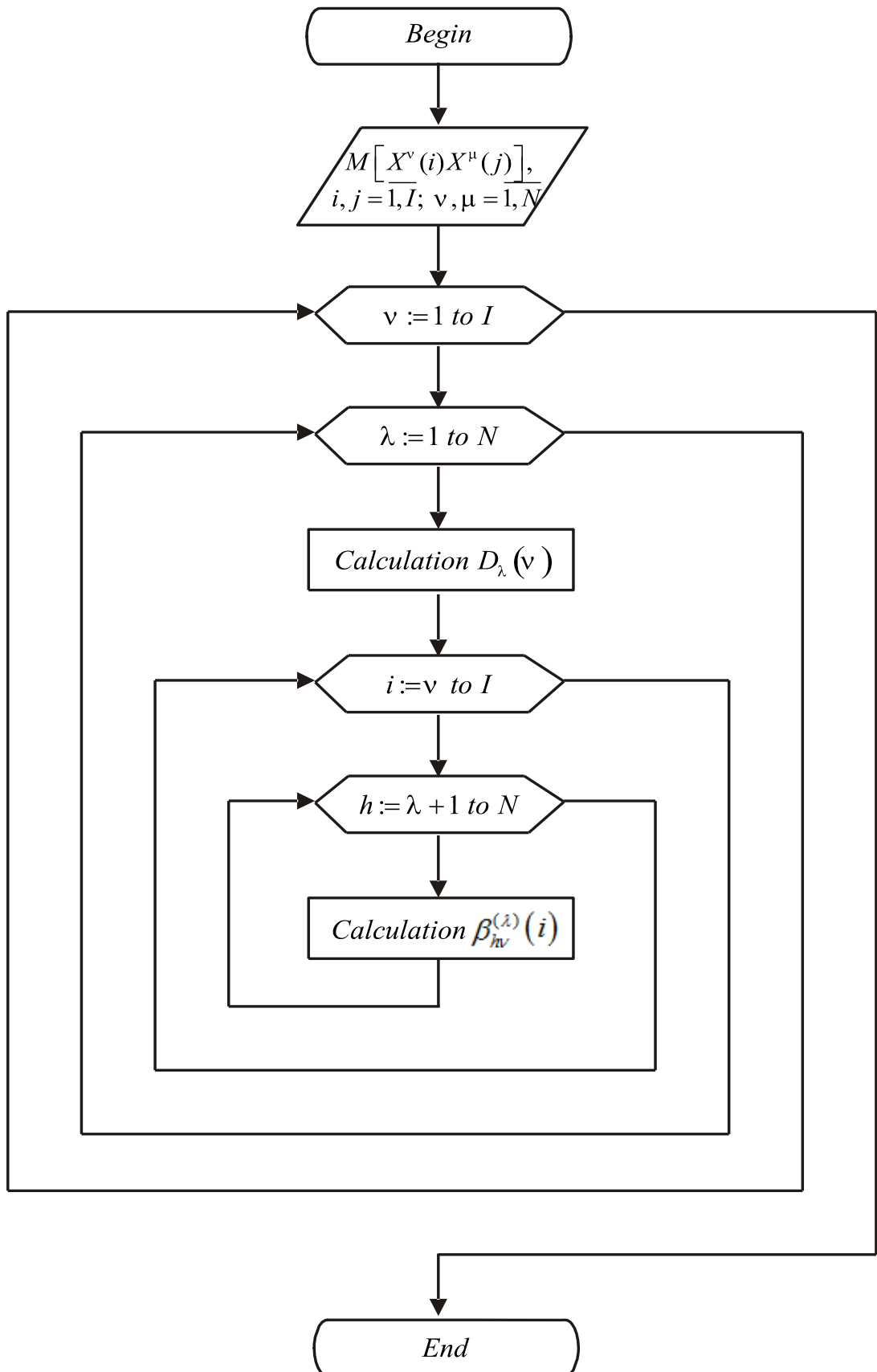


Рис. 16. Структурна схема для відображення обчислень функцій координат та дисперсій випадкових коефіцієнтів канонічного розширення.

В таблицях 3-5 представлені значення вагових коефіцієнтів $S_{(j)}^{(\nu)}(8)$, $\nu = \overline{1,5}$, $j = \overline{1,7}$ для випадку прогнозування значення TNB, NBA та NW, відповідно. Для визначення кожної множини вагових коефіцієнтів $S_{(j)}^{(\nu)}(8)$, $\nu = \overline{1,5}$, $j = \overline{1,7}$ було використано 594 координатні функції математичної моделі випадкової послідовності зміни розміру гнізда свиноматки.

Таблиця 3 - Значення вагових коефіцієнтів $S_{(j)}^{(\nu)}(8)$, $\nu = \overline{1,5}$, $j = \overline{1,7}$ для TNB

	1	2	3	4	5	6	7
1	-11,49	-2,48	31,72	45,85	-26,37	2,63	20,13
2	2,79	-0,26	-4,61	-10,53	6,67	-0,37	-4,61
3	-0,298	0,096	0,309	1,113	-0,758	0,027	0,482
4	0,01478	-0,00791	-0,00938	-0,05529	0,03996	-0,00111	-0,02344
5	-0,00028	0,00021	0,00009	0,00104	-0,00079	0,00002	0,00042

Таблиця 4 - Значення вагових коефіцієнтів $S_{(j)}^{(\nu)}(8)$, $\nu = \overline{1,5}$, $j = \overline{1,7}$ для NBA

	1	2	3	4	5	6	7
1	-6,05	46,47	8,95	7,67	-31,67	5,77	-3,68
2	1,61	-13,16	-3,64	-2,07	8,24	-1,55	0,738
3	-0,191	1,738	0,561	0,251	-0,993	0,185	-0,061
4	0,01121	-0,10836	-0,03724	-0,01419	0,05615	-0,01034	0,00214
5	-0,00027	0,00257	0,00089	0,00031	-0,00121	0,00022	-0,00002

Таблиця 5 - Значення вагових коефіцієнтів $S_{(j)}^{(\nu)}(8)$, $\nu = \overline{1,5}$, $j = \overline{1,7}$ для NW

	1	2	3	4	5	6	7
1	0,43	11,52	127,14	11,73	-92,82	6,19	-46,65
2	-1,12	-4,16	-25,83	-3,71	29,97	-3,18	9,16
3	0,325	0,613	2,425	0,531	-4,517	0,621	-0,718
4	-0,03354	-0,03949	-0,10124	-0,03545	0,32094	-0,05281	0,014608
5	0,00115	0,00091	0,00134	0,00091	-0,00868	0,00164	0,000399

Результати експерименту (табл. 6) показують високу точність прогнозування на основі розробленої технології порівняно з методом Вінера за рахунок використання нелінійних стохастичних співвідношень та порівняно з методом Кальмана за рахунок істотного збільшення постеріорі інформація, яка використовується для прогнозування.

Таблиця 6 - Середня помилка прогнозу для різних моделей, гол.

Модель	TNB	NBA	NW
Вінера (Winer)	3,10	2,80	2,50
Кальмана (Kalman)	2,90	2,70	2,45
Запропанована	1,71	1,68	1,25

Оцінка щільності розподілу помилки екстраполяції (рис. 17) має закон розподілу близький до нормального, що вказує на максимальну точність рішення задачі передбачення за допомогою запропонованого методу.

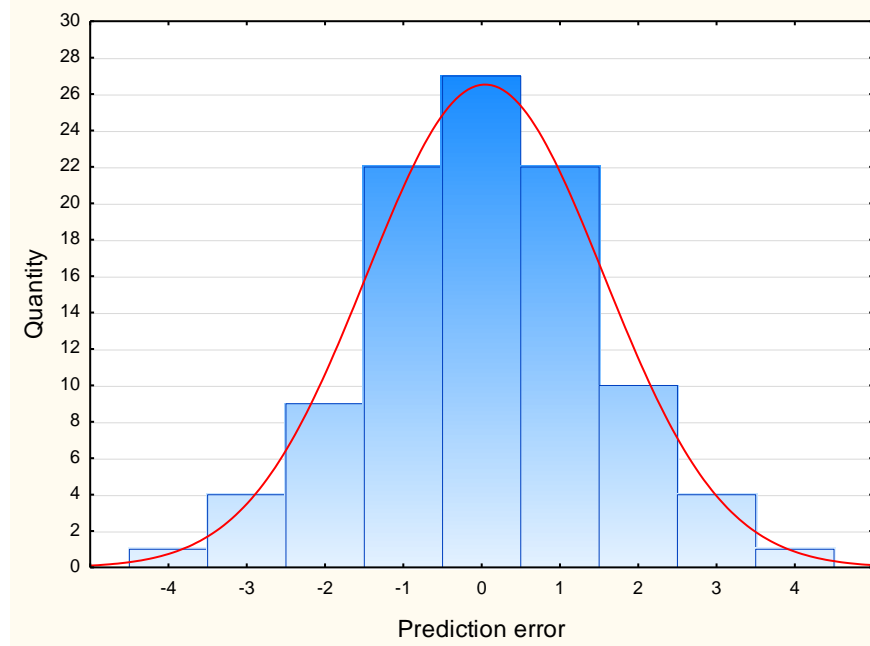


Рис. 17. Гістограма розподілу оцінок помилки прогнозування для NW

Таким чином, нами запропоновано метод вирішення такого важливого завдання, як прогнозування величини гнізда свиноматок. Метод прогнозування, як і основна канонічна модель, не накладає жодних обмежень на властивості випадкової послідовності зміни показників (лінійність, стаціонарність, лінійність, властивість Маркова, одноманітність, тощо). Врахування стохастичних особливостей показателів плодючості дозволяє досягти максимальної якості вирішення проблеми прогнозування. Результати чисельного експерименту підтвердили високі характеристики точності прогнозної моделі.

Запропонований нами метод майже в два рази підвищує точність прогнозування розміру гнізда свиноматок в порівнянні з використанням методів Вінера та Кальмана. При цьому, середня помилка прогнозу зменшується в ряду ознак TNB (1.71), NBA (1.68), NW (1.25 гол.). Мабуть, це може свідчити про більш високий рівень прояву генетично детермінованого рівня індивідуальної плодючості свиноматок саме на момент відлучення поросят. Раніше, нижчий рівень ентропії щодо кількості поросят при відлученні був виявлений нами при аналізі мінливості розміру гнізда свиноматок великої білої і української м'ясної порід, особливо, для 4-7 опитувань. Таким чином, кількість поросят при відлученні доцільно використовувати в якості основного показника при оцінці відтворювальних якостей свиноматок.

Більш висока адекватність нашої моделі щодо NW може бути також пов'язана з тим, що зв'язку між розміром гнізда свиноматок в різні опороси мають, перш за все, нелінійний характер, які краще враховує запропонована

нами модель. Дана нелінійність, з іншого боку, виявляється істотним чинником, який визначає нижчу оцінку коефіцієнта повторюваності для NW в порівнянні з оцінками для TNB і NBA (Strang, Smith, 1979; Szyndler-Nędza, 2016).

Таким чином, нами була вирішена важлива науково-практична задача індивідуального прогнозування репродуктивності свиноматок. В основі розробленого методу передбачення розміру гнізда свиноматки використана нелінійна канонічна модель випадкової послідовності зміни розміру гнізда. Запропонований метод дозволяє максимально врахувати стохастичні особливості репродуктивних якостей свиноматок і не накладає ніяких обмежень на випадкову послідовність зміни розміру гнізда (лінійність, стаціонарність, Маркова, монотонність і т.д.). Представлена в роботі блок-схема алгоритму відображає особливості обчислення параметрів прогнозу моделі. Вираз для розрахунку похибки екстраполяції дозволяє визначити необхідний обсяг апріорної і апостеріорної інформації для досягнення необхідної якості виконання завдання прогнозу. Результати чисельного експерименту підтвердили високу точність запропонованого методу прогнозування репродуктивності свиноматок. Застосування розробленого методу дозволить підвищити ефективність господарської діяльності свинарських господарств.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Аналіз біометричних даних у розведенні та селекції тварин : навчальний посібник / С. С. Крамаренко, С. І. Луговий, А. В. Лихач, О. С. Крамаренко. Миколаїв : МНАУ, 2019. 211 с.

Грицунов О. В. *Інформаційні системи та технології*. Харків: ХНАМГ, 2010. 222 с.

Інформаційні технології / Волосюк Ю.В., Кузьома В.В., Коваленко О.А. та ін. Київ : «Кафедра», 2017. 200 с.

Інформаційні системи у тваринництві / Куцак С.М., Пелих Н.Л., Кравченко В.І. та ін. Херсон: Айлант, 2004. 256 с.

Крамаренко О. С., Крамаренко С. С., Лихач А. В., Лихач В. Я. Фрактальний аналіз гістоструктури м'язової тканини свиней: попередні результати. *Науково-технічний бюлетень Інституту тваринництва НААН*. 2019. Вип. 121. С. 146-156.

Плескач В.Л., Рогушина Ю.В., Кустова Н.П. *Інформаційні технології та системи*. Київ : Книга, 2004. 519 с.

Царенко О.М., Злобін Ю.А., Скляр В.Г., Панченко С.М. Комп'ютерні методи в сільському господарстві та біології. Суми: Вид-во "Університетська книга", 2000. 203 с.

Шебаніна О. В., Крамаренко С. С., Ганганов В. М. Практикум з біометрії: методи непараметричної статистики. Миколаїв: МДАУ, 2008. 166 с.

Atamanyuk I. P., Kondratenko V. Y., Kramarenko A. S., Novikov O. E., Lykhach V. Y. Method of individual forecasting of sow reproductive performance on the basis of a non-linear canonical model of a random sequence. *Biosystems Diversity*. 2019. V. 27 (4). P. 309-313.

Навчально-наукове видання

**МАТЕМАТИКО-ЕКОНОМІЧНІ МОДЕЛІ
ПРОГНОЗУВАННЯ М'ЯСНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ
СВИНЕЙ
(виробничо-практичні рекомендації)**

Укладачі:

Луговий Сергій Іванович
Крамаренко Сергій Сергійович
Крамаренко Олександр Сергійович
Лихач Вадим Ярославович
Атаманюк Ігор Петрович

Відповідальний за випуск: С. І. Луговий

Редактор: С. І. Луговий

Комп'ютерний набір: О. С. Крамаренко

Підписано до друку __.__.2019 р.

Папір офсетний. Друк офс.

Ум. друк. арк. 2,4. Наклад 20 прим. Формат 60 × 84/16.

Зам. №523.

Надруковано у видавничому відділі

Миколаївського національного аграрного університету

54020, м. Миколаїв, вул. Георгія Гонгадзе, 9

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4490 від

20.02.2013 р.