



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **130972** (13) **C2**
(51) МПК (2026.01)
A01K 29/00
G01G 17/08 (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНА ОРГАНІЗАЦІЯ
"УКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ОФІС ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ ТА ІННОВАЦІЙ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(21) Номер заявки: а 2022 00316	(72) Винахідник(и): Лассен Ян (DK), Борхерсен Сорен (DK)
(22) Дата подання заявки: 26.06.2020	(73) Володілець (володільці): ВІКІНГ ГЕНЕТИКС ФМБА, Ebeltoftvej 16, Drastrup, 8960 Randers SØ, Denmark (DK)
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 02.07.2026	(74) Представник: Кислиця Тетяна Олегівна, реєстр. №425
(31) Номер попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції: 19182740.1	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: WO 2014/026765 A1, 20.02.2014 US 7399220 B2, 15.07.2008 US 2018042584 A1, 15.02.2018 WO 2010127023 A1, 04.11.2010
(32) Дата подання попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції: 26.06.2019	
(33) Код держави-учасниці Паризької конвенції, до якої подано попередню заявку: EP	
(41) Публікація відомостей про заявку: 15.06.2022, Бюл.№ 24	
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 01.07.2026, Бюл.№ 26	
(86) Номер та дата подання міжнародної заявки, поданої відповідно до Договору РСТ: PCT/EP2020/068095, 26.06.2020	

(54) СПОСІБ ТА СИСТЕМА ВИЗНАЧЕННЯ ВАГИ ТВАРИНИ НА ОСНОВІ 3D-ВІЗУАЛІЗАЦІЇ

(57) Реферат:

Даний винахід належить до визначення ваги тварини, особливо великої рогатої худоби, у хліві на основі технології машинного зору, зокрема тривимірного зображення. Перший варіант здійснення належить до способу визначення ваги тварини відомої породи, причому спосіб включає етапи отримання щонайменше одного тривимірного зображення спини тварини, вилучення даних із зазначеного щонайменше одного тривимірного зображення, що належать до топології спини тварини, та обчислення ваги зазначеної тварини шляхом зіставлення вилучених даних з еталонною моделлю, що містить інформацію про топологію спини відносно ваги для породи вказаної тварини.

UA 130972 C2

Відкориговане зображення глибини

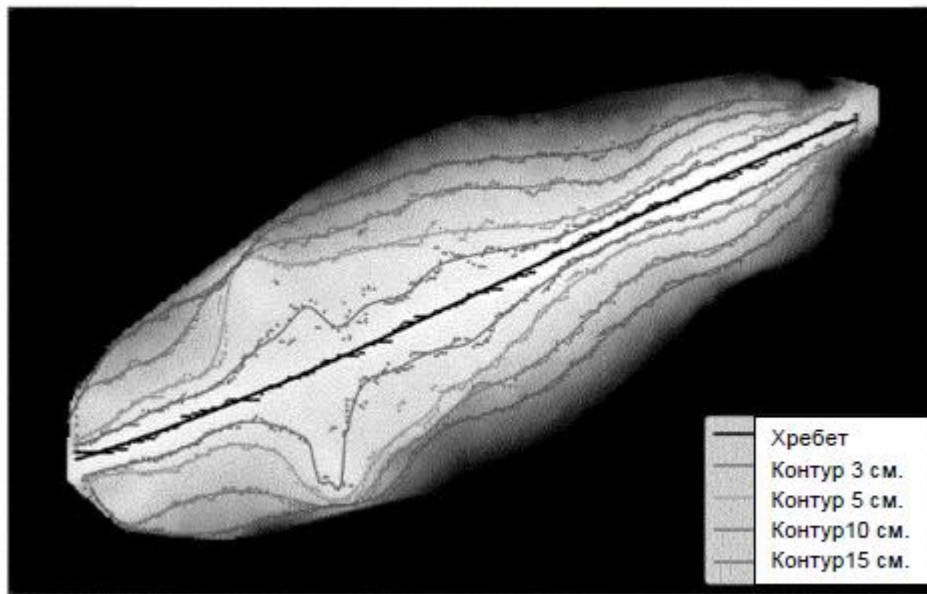


Fig. 1

Даний винахід відноситься до визначення ваги тварини, особливо великої рогатої худоби, у сараї на основі технології машинного зору, зокрема, тривимірного зображення.

РІВЕНЬ ТЕХНІКИ

При веденні великого землеробства з великою кількістю окремих тварин складно завжди
5 бути в курсі благополуччя кожної тварини. Благополуччя тварини дуже важливо, як з гуманної точки зору фермера, який відповідає за благополуччя цих тварин, так і тому, що здорові, вгодовані тварини забезпечують більшу продуктивність та мають більш велику цінність для фермера. Самопочуття тварини сильно залежить від ваги тварини, особливо від стабільності ваги дорослої тварини і збільшення у вазі у тварини, яка все ще зростає. Отже, дуже важливо
10 часто контролювати вагу тварини.

Процес зважування сільськогосподарських тварин зазвичай здійснюється шляхом фізичного розміщення тварини на терезах і ручного або цифрового вимірювання ваги цієї конкретної тварини. Часто це трудомісткий і тривалий процес, оскільки сучасні ферми містять велику кількість тварин, а це означає, що кожного з них потрібно буде індивідуально вирошувати на
15 терезах, одне за одним, щоб зареєструвати індивідуальну вагу кожної тварини. Крім того, у процесі необхідно буде ідентифікувати тварину, щоб приписати правильну вагу правильної тварини. Ця ідентифікація може відбуватися, наприклад, за допомогою ідентифікаційних міток на тварині, що ще більше продовжує процес. Крім того, якщо тварини живуть у сараї або полі, де вони можуть вільно пересуватися самостійно, ще важче відстежувати, які тварини були
20 зважені, а які ні. Через складність процесу зважування тварини, зважування не має широкого поширення, а кількість даних, доступних для оцінки зміни ваги кожної тварини, обмежена або відсутня.

WO 2014/026765 розкриває підхід, заснований на мобільних 3D-камерах, для визначення параметрів худоби, таких як вага, вага порції або частка пісного м'яса. У цьому способі
25 записується тривимірне зображення худоби для створення тривимірної моделі, яка аналізується на основі раніше визначених контрольних значень для виведення та/або зберігання інформації, отриманої від проаналізованої худоби.

WO 2010/127023 описує безконтактну систему та спосіб оцінки об'єму, маси або ваги тварини. Переважно, щоб зображення тварини відображалось стереоскопічною камерою, і
30 тривимірне уявлення цільової тварини одержують із стереоскопічних зображень. Програмний модуль призначений для зміни форми віртуальної моделі з використанням набору незалежно конфігурованих змінних форми, щоб приблизно відповідати просторовому представленню окремої тварини. Маса чи вага тварини оцінюється як функція змінних форми, що характеризують змінену віртуальну модель.

WO 2015/156833 розкриває спосіб оцінки ваги тіла за зображеннями тварини. Система використовує маркери для характеристики ваги, здоров'я та інших параметрів тварини. Система
35 налаштована на реєстрацію цих параметрів у базі даних.

Hір та ін. (Biosystem engineering, 173, р. 4-10 (2018)) розкриває спосіб визначення ваги корови за даними зображень та оцінює форму тварини за еліпсом для приблизного розрахунку
40 ваги зазначеної тварини.

Проблеми при використанні тривимірних зображень для визначення ваги часто полягають у тому, щоб виділити кожну тварину та знерухомити її на об'єкті тривимірної візуалізації. Часто це робиться шляхом приміщення тварини в невелике стійло, в якому бічні стінки або перила обмежують тварину, так що, переважно, воно не може рухатися. У цьому випадку використання
45 тривимірного зображення не усуває необхідності обробляти кожну окрему тварину, оскільки тварина має бути індивідуально закрита у невеликому замкнутому просторі, і, отже, процес залишається тривалим, трудомістким й у певній мірі ручним. Крім того, настройки часто бувають складними і дорогими, що робить визначення ваги дорогою справою.

Вага, і особливо збільшення ваги тварини, крім того, є важливим показником фізичного благополуччя тварини загалом. Отже, це також є важливим параметром при оцінці стану тіла
50 тварини. Благополуччя тварини, крім того, важливе для продуктивних тварин у тому сенсі, що сита тварина може завагітніти з раннього віку і вироблятиме більше молока і м'яса.

РОЗКРИТТЯ СУТІ ВІНАХОДУ

Завданням цього винаходу є створення системи та способу автоматичного або
55 напівавтоматичного визначення ваги тварини на основі зображення тварини, переважно виключно на основі зображення тварини і переважно тривимірного зображення зверху тварини.

Один аспект цього винаходу відноситься до способу визначення ваги тварини, переважно тварини відомої породи, причому спосіб включає етап отримання щонайменше одного зображення, переважно тривимірного зображення тварини, переважно спини тварини. Раніше
60 було показано, що на спині тварини міститься багато інформації про конкретну тварину. Спосіб

може додатково включати етап вилучення даних із зазначеного щонайменше одного зображення, переважно даних, що відносяться до топології та/або топографії спини тварини. Переважно, вага тварини може бути розрахована шляхом зіставлення вилучених даних з еталонною моделлю, що містить інформацію про топологію спини по відношенню до ваги для

5 породи вказаної тварини.

Авторами цього винаходу було виявлено, що вага тварини корелює виключно з тривимірною формою, тобто топологією та/або топографією спини тварини. Тобто такі параметри, як вік тварини, період лактації, анатомія тощо, можуть бути виключені з оцінки. Це дозволяє оцінити вагу тварини тільки на основі тривимірних зображень, отриманих зверху, так що топологія спини тварини може бути вилучена із тривимірного зображення. Це також дозволяє встановити описану тут систему в хліві, корівнику, свинарнику тощо. і отримувати зображення тварин зверху, наприклад, коли тварини їдять або коли вони проходять через шлюз, наприклад, у дорозі після повернення з доїння. У розкритому тут підході було показано, що все, що для цього потрібно - це еталонна модель для конкретної породи тварини, тобто еталонна модель, яка

10 корелює топологію спини тварини з вагою тварини. Також було показано, що лише дуже обмежена кількість предикторів топології, вилучених з отриманого тривимірного зображення, достатньо точного визначення ваги тварини. Це позбавляє необхідності виділяти кожну тварину і вручну поміщати її на ваги або в обмежене стійло, щоб отримати інформацію про його вагу. Крім того, це дозволяє постійно контролювати масу тіла тварин кожен день і навіть кілька разів

15 на день.

Зокрема, винахідниками було виявлено, що контурні точки, вилучені з даних тривимірного зображення спини тварини, дуже добре корелюють з вагою тварини, зокрема великої рогатої худоби. Отже, дані можуть бути переважно вилучені у вигляді дискретної кількості контурних точок із зазначеного щонайменше одного тривимірного зображення. Контурні точки можна, наприклад, виділити відносно лінії локальних максимумів вздовж спини тварини, що зазвичай визначається як хребет тварини, які визначають подовжній напрямок на тривимірному зображенні тварини. Експерименти показали, що менше 20 контурних точок достатньо для точного передбачення ваги тварини, як правило, з урахуванням еталонної моделі, що також заснована на контурних точках. Отже, тільки контурні точки, вилучені з тривимірного зображення спини тварини, прямо корелюють з вагою тварини. Тобто немає необхідності в складних тривимірних моделях хмар точок або включення специфічних параметрів тварин.

Даний винахід додатково відноситься до системи для визначення ваги тварини відомої породи, що містить систему візуалізації, конфігуровану для отримання щонайменше одного тривимірного зображення спини тварини, і блок обробки, конфігурований для виконання розкритих тут способів.

Розкриті в даний час система та спосіб визначення ваги можуть повністю виключити необхідність індивідуального поводження з кожною твариною у процесі визначення їхньої ваги, що дає можливість частого моніторингу кожної окремої тварини у великому стаді. Наприклад, тварина може проходити через клітку/вузький прохід, що сполучає зону відпочинку хліва з зоною годівлі та/або доїння. Прохід може бути настільки вузьким, що одночасно може проходити лише одна тварина. Одне або декілька зображень спини тварини потім можуть бути отримані однією або декількома камерами, розміщеними над проходом. Камера (камери) може бути будь-якого типу, яка надає тривимірну інформацію, наприклад, але без обмеження, камерою часу польоту (ToF), стереокамерою, камерою структурованого світла, камерою світлового поля або їх комбінацією. Система формування зображення може містити двомірну камеру та датчик глибини. Система формування зображення може бути конфігурована для одержання топографічних зображень.

Можливість того, що тварина може йти під час отримання зображення, дозволяє часто контролювати вагу тварини, так, як це може відбуватися без втручання у повсякденне життя тварин. Цей частий моніторинг ваги тварин також дозволяє фермеру збирати статистичні дані про вагу тварини. Ці дані можна використовувати при математичному моделюванні ваги тварини, щоб диференціювати внесок ваги у короткострокові коливання та довгострокові зміни. Короткочасні коливання можуть бути пов'язані з роздмухуванням та/або вмістом корму у тварині та/або набряком у тварини. Однак довгострокові зміни відображають фактичні зміни ваги тіла тварини, такі як

- зміни у кількості м'язів та жиру та/або
- розповсюдження та/або
- ріст скелета у не повністю виростлої тварини та/або
- ріст плоду у разі, якщо тварина вагітна та/або
- 60 - подія пологів у разі, якщо тварина вагітна.

Короткочасне збільшення ваги тварини, наприклад зміни протягом дня, пов'язане з минулим часом з останнього годування та/або доїння. Отже, у переважному варіанті здійснення, час цих подій реєструється. Таким чином, можна буде створити модель короткострокових коливань ваги тварини, що залежать від часу. У цьому відношенні слід зазначити, що добові коливання ваги тварини можуть бути індикатором здоров'я тварини, наприклад, великі добові коливання можуть бути індикатором проблеми зі здоров'ям.

КОРОТКИЙ ОПИС КРЕСЛЕНЬ

Нижче винахід буде описано докладніше з посиланням на креслення. Креслення є зразковими і призначені для ілюстрації деяких ознак цього способу та системи і не повинні розглядатися як такі, що обмежують даний винахід.

На фіг. 1 показані контурні лінії спини тварини, що відповідають перепадам висоти щодо рівня хребта.

На фіг.2 показаний схематичний вигляд варіанта здійснення процесу створення контурних ділянок спини тварини.

На фіг. 3 показаний схематичний вид каналного напрямку тварин через клітину/вузький прохід від одного приміщення хліва до іншого.

На фіг. 4 показано підтвердження концепції розкритого тут підходу. Вісь X показує фактичну вагу тварин (у кг), яка виміряна за допомогою ваг. Вісь Y показує вагу (в кг), визначену на основі контурних точок, вилучених із тривимірних зображень тварин.

На фіг. 5 показано розподіл відхилень між розрахунковою вагою та виміряною вагою (в кг). По осі Y відкладено кількість спостережень.

На фіг. 6 показані залишки (вісь Y, кг) розрахункової ваги щодо виміряної ваги (вісь X).

На фіг. 7 показані середні вимірювання для тварин протягом чотиритижневого періоду з виміряною вагою по осі X і розрахунковою вагою по осі Y.

Фіг. 8 відноситься до фіг. 7 і ілюструє різницю (вісь Y, кг) між середнім виміряним (вісь X) і середньою розрахунковою вагою.

На фіг. 9 показана залежність між кількістю днів після отелення (вісь X) і вагою тварин (вісь Y, кг).

Фіг. 10 відноситься до фіг. 9 і ілюструє залишки (вісь Y, кг) між виміряною і розрахованою вагою залежно від кількості днів після отелення (вісь X).

На фіг. 11 показані дані для стада 2, які відповідають фіг. 4 де показані дані того ж типу для стада 1. На фіг. 11 показані усі отримані дані для стада 2.

На фіг. 12 показані дані для стада 2, які відповідають фіг. 7 де показані дані того ж типу для стада 1.

На фіг. 13 показаний графік залежності середньої ваги, що спостерігається від прогнозованого для одного стада червоно-молочного худоби.

На фіг. 14 показаний графік залежності середньої ваги, що спостерігається від передбачуваного для двох стад великої рогатої худоби джерсійської породи.

На фіг. 15 показаний графік залежності середньої ваги, що спостерігається від прогнозованого для одного стада гольштейнської породи.

ЗДІЙСНЕННЯ ВІНАХОДУ

Зазвичай термін "топографія" означає вивчення та опис фізичних особливостей чи форми місцевості, наприклад, її пагорбів, долин або річок, або відображення цих особливостей на картах, тобто зазвичай використовується у географії. У цьому випадку топографія спини тварини, розуміється як форма спини тварини, тобто тривимірна форма з будь-якими "пагорбами" та "виступами", які з'являються на спині тварини.

Термін "топология", що використовується тут, означає анатомію конкретної області, структури або частини тіла, в даному випадку зазвичай спини тварини. Анатомія тварини - це структура її тіла, наприклад зовнішня форма тіла.

У переважному варіанті здійснення вилучені дані, використовувані для кореляції з опорною моделлю, та містять дискретну кількість контурних точок для спрощення обчислень. Переважно менше 50 контурних точок, більш переважно менше 25 контурних точок, ще більш переважно менше 20 контурних точок, найбільш переважно менше 15 контурних точок, наприклад 12 контурних точок. Було показано, що тільки 12 правильно вибраних контурних точок, вилучених з тривимірного зображення спини тварини, може бути достатньо визначення ваги тварини. Тобто, від 10 до 50 контурних точок достатньо визначення ваги тварини.

Хребет тварини переважно розташований щонайменше на одному тривимірному зображенні спини тварини. Хребет тварини може бути визначено як наскрізна лінія локальних максимумів висоти, як показано на фіг. 1. Отже, хребет тварини можна використовувати для визначення поздовжнього напрямку на тривимірному зображенні тварини.

У переважному варіанті здійснення дані вилучаються з тривимірного зображення шляхом нанесення контуру на спині тварини, тим самим створюючи контурні лінії відносно хребта. Контурна лінія може бути заснована на відносному падінні висоти по відношенню до висоти хребта у заданому положенні вздовж хребта, тобто контурна лінія з'єднує контурні точки з

5 однаковою висотою. Отже, єдина контурна точка контурної лінії може бути визначена як заздалегідь задане зменшення висоти на спині тварини відносно висоти хребта, при цьому виявляється зменшення висоти відносно точки на хребті тварини по лінії, що перпендикулярно хребту, як показано на фіг. 2.

Як зазначено вище, винахідниками було виявлено, що вагу тварини можна передбачити, використовуючи тільки дуже обмежену кількість точок даних, вилучених із тривимірного зображення. В одному варіанті здійснення вилучені дані містять менше 20 контурних точок, наприклад, менше 10 контурних точок, наприклад, від 1 до 10 контурних точок, наприклад, менше 7, 6 або 5 контурних точок, наприклад 4 контурні точки, вибрані з хребта та/або менше 20 контурних точок, наприклад менше 10 контурних точок, наприклад менше 7, 6 або 5 контурних точок, наприклад, від 1 до 10 контурних точок, наприклад 4 контурні точки, вибрані з

10 кожної з менше 10 контурних ліній, наприклад, менше 7, 6 або 5 контурних ліній, наприклад, від 1 до 10 контурних ліній, наприклад 3 контурних ліній, відносно хребта. Контурні лінії переважно генеруються через дискретні інтервали на висоті, меншою або рівною 15 см, переважно меншою або рівною 10 см, відносно висоти хребта. Наприклад, контурні лінії на 2,5 см, 5 см та

15 10 см відносно хребта.

Ідентифікація тварини не потрібна для визначення ваги, зазвичай має бути відома лише порода тварини. Однак для подальшого аналізу даних та моніторингу окремої тварини перевага полягає в тому, щоб дізнатися особистість конкретної тварини, що відображається. Ідентифікація може бути ручною, наприклад, шляхом зчитування ідентифікаційного номера вушних бирок тварини, або за допомогою електронних засобів ідентифікації, таких як

20 радіочастотний ідентифікатор (RFID), шляхом розпізнавання образів тварини, за відомою послідовністю наказів тварин чи будь-який інший засіб ідентифікації. Тварину можна ідентифікувати до або після отримання зображення.

Як показано у WO 2017/001538, можна (однозначно) ідентифікувати тварин у популяції відомих тварин на основі зображень спини тварини. Отже, розкритий тут підхід може додатково включати етап ідентифікації тварини на основі вказаного щонайменше одного тривимірного зображення.

Той факт, що визначення ваги тварини можливе на основі тривимірного зображення спини тварини, дозволяє отримувати одне або кілька зображень під час руху тварини. Отже, в одному варіанті здійснення цього винаходу тварина рухається під час одержання вказаного щонайменше одного тривимірного зображення. Можна отримати більше одного тривимірного зображення тварини. Отже, згадане щонайменше одне тривимірне зображення переважно засноване на множині тривимірних зображень, і вони можуть бути отримані під час руху тварини. Отже, аналіз даних може бути заснований на середньому зображенні двох або більше

35 зображень.

Приклад побудови контурних позначок показано на фіг. 1, на якій кожна лінія вказує на контурну позначку спини корови. Середня поздовжня лінія утворена локальними максимумами висоти на зображенні і визначає хребет тварини. В одному варіанті здійснення контурні позначки являють собою лінії та/або точки вздовж спини тварини, які відповідні певній величині падіння висоти відносно хребта у цій конкретній області. Переважно зовнішні контури тварини, що відображають периметр тварини, що означають фізичну протяжність тварини, наприклад, наскільки широка спина тварини, не включаються до розрахунку ваги. Отже, у переважному варіанті здійснення визначення ваги засновано виключно на топології та/або топографії спини, а не на периметрі та/або ширині тварини. Таким чином, вага повністю залежить від топографії та/або топології спини.

40 зображень.

Одна з можливих стратегій побудови такої контурної відмітки показано на фіг. 2, на якій тіло тварини представлено еліпсом 20. Хребет знаходиться вздовж спини тварини як найвища частина центральної області спини, тобто локальні максимуми висоти, коли вони проходять по центральній лінії, що сполучає шию з хвостом. Положення хребта, осі хребта, показано пунктирною лінією 21 на фіг. 2. Вздовж осі 21 хребта вибирається задана кількість точок інтересу. На фіг. 2 були обрані чотири точки, позначені як 22a-d і відмічені хрестиком вздовж хребта. З вибраної точки хребта, скажімо, 22a, проводиться лінія, перпендикулярна до осі хребта, ця перпендикулярна вісь позначена як 23a на фіг. 2. Від точки 22a, що цікавить, на хребті перпендикулярна лінія 23a прямує в одному напрямку до краю тварини, наприклад, праворуч від тварини. Коли досягається падіння висоти на X см відносно висоти хребта в 22a,

45 50 55 60

ця точка зазначається у базі даних. X відноситься до дійсного числа. Потім цей процес повторюється в міру просування по 23а до протилежної сторони тварини, яка, може бути і зліва від тварини, і такий самий рівень падіння висоти X см відзначається на цій протилежній стороні хребта. Цей процес повторюється для всіх цікавих точок 22b-d вздовж хребта 21 та вздовж перпендикулярних ліній 23b-d, відповідно. Після того, як всі точки, що представляють задане падіння висоти на X см відносно точок 22a-d, вздовж осі 21 хребта, були розташовані, підбирається лінія для найкращого опису положення зазначених точок. Ці підігнані лінії тепер є контуром відносного падіння висоти на X см відносно окремих точок вздовж хребта. Якщо потрібно більше контурних ліній для різних значень перепаду висоти, процес можна повторити для інших значень відносно перепаду висоти відносно висоти кожної точки вздовж хребта. В якості альтернативи всі відповідні контурні точки вздовж даної перпендикулярної лінії можуть бути знайдені до переходу до лінії, перпендикулярною наступній точці, що цікавить, вздовж хребта. Ці відповідні контурні позначки можуть бути, наприклад, X см, Y см, Z см і T см, де X , Y , Z і T відносяться до дійсних чисел. На фіг. 1, наприклад, значення X , Y , Z і T дорівнюють 3, 5, 10 і 15 см, відповідно, кожне дає їхню відповідну контурну лінію.

Ілюстрація на фіг. 2 є спрощеною ілюстрацією з метою ілюстрації описаної стратегії побудови контурного графіка найбільш простим з можливих способів. Відповідно, тварина зображена у вигляді еліпса лише для простоти ілюстрації. Іншими словами, форма тіла тварини не вважається еліпсом у стратегії побудови контурного графіка. У реальному процесі обробки даних, як показано на фіг. 1, хребет не обов'язково являє собою ідеальну пряму лінію, бо тварина має неправильну форму, а не еліпс. Отже, перпендикулярна лінія даної точки вздовж хребта може бути оцінена на основі кількості сусідніх точок на хребті до точці, що цікавить. Ці точки можуть, наприклад, відповідати прямій лінії і перпендикулярна лінія визначається на основі цієї підібраної лінії. Отже, найкраща оцінка перпендикулярної лінії для цієї точки неправильної лінії виконується у разі обробки дійсних даних.

Отже, контурні графіки можуть бути засновані на дискретній кількості точок та найкращим чином відповідати цим точкам. Таким чином, контурні графіки відображають падіння висоти по відношенню до хребта в кожній позиції вздовж спини тварини, а не контурні графіки з фіксованою однаковою прив'язкою для всіх точок контурного графіка. Отже, у цьому варіанті здійснення одна контурна точка контурної лінії відображає конкретне зменшення висоти на спині відносно висоти хребта вздовж лінії, перпендикулярній хребту тварини, що проходить через зазначену контурну точку, так що основа контурного графіка не є кінцевою висотою відносно заданої фіксованої точки, але кожна контурна точка розраховується відносно кожної окремої точки відліку вздовж хребта тварини. Це також означає, що побудова контурного графіка спини тварини може відбуватися по довжині спини тварини, тобто, іншими словами, вздовж хребта тварини. У переважному варіанті здійснення лінії, що з'єднують окремі точки топографії спини, виконані так, щоб вони найкраще відповідали точкам, що представляють заданий перепад висоти, і, отже, підігнані лінії краще підходять для контурної лінії.

В одному варіанті здійснення тварина йде під час отримання зображення. Отже, тривимірне зображення може бути отримано під час руху тварини, наприклад, що йде прямою лінією. Можливість отримання інформації про вагу тварини, що рухається, є великою перевагою, оскільки вона дозволяє визначати вагу великої кількості тварин у ряду і, отже, усуває необхідність індивідуального поводження з окремою твариною. Коли тварини йдуть з хліва для відпочинку в зону годівлі та/або доїння або у протилежному напрямку, тварини можуть проходити через вузький прохід, тим самим дозволяючи проходити тільки одній тварині за раз. Завдяки системі формування зображень над цим вузьким проходом, тварини проходять повз область під камерою, яка потім може захоплювати зображення кожної окремої тварини, коли вони проходять через прохід. Великою перевагою цього є те, що тварини не перекриватимуть один одного, якщо дивитися з 3D-камери зверху. Отже, тварини проходять вузький прохід і проходять через область кадру 3D-камери, коли їх направляють, наприклад, із зони відпочинку в зону годівлі та/або доїння або у протилежному напрямку. Ще однією перевагою вузького проходу є те, що можна отримати хороший контроль за потоком тварин.

Приклад того, як провести тварину через вузький прохід, показано на фіг. 3. Тут товстими лініями 1 показані межі областей, якими тварини можуть переміщатися. Межі можуть бути парканом, стіною або аналогічним механізмом огорожі. Кожна тварина для спрощення показано еліпсом на фіг. 3. Стрілка, прикріплена до кожної тварини (еліпс на кресленні), показує напрямок, у якому рухається тварина. Тварини 2 ліворуч - це тварини, які вже пройшли вузький прохід, тварина 3, що стоїть одразу під 3D-камерою 4, - це тварина, що знаходиться у вузькому проході і в даний час відображається 3D-камерою 4. Тварина 5 позаду щойно увійшла у вузький прохід і буде відображена, коли вона незабаром пройде через область відразу під 3D-камерою

4, це відбудеться, коли тварина 5 досягне поточного становища тварини 3. Всі тварини праворуч 6 представляють тварин, які ще чекають входу у вузький прохід, щоб зрештою увійти в зону ліворуч від проходу.

У варіанті здійснення цього винаходу отримують більше одного зображення спини тварини.

5 Це може бути множина зображень тварини, що йде під камерою, або множина зображень нерухомої тварини. Якщо тварина рухається, зображення можуть знадобитися доти, поки тварина має якусь частину тіла всередині кадру зображення камери В якості альтернативи, зображення можуть бути отримані тільки протягом періоду часу, протягом якого все тіло тварини знаходиться всередині кадру зображення камери. Ще одна альтернатива полягає в тому, що камера може отримувати зображення тільки протягом заданого попередньо встановленого періоду часу, або камері може знадобитися заздалегідь задана кількість зображень.

10 У переважному варіанті здійснення аналіз даних заснований на середньому зображенні двох або більше зображень. Отже, всі або деякі з отриманих зображень повинні бути поєднані для отримання середнього значення форми спини тварини. Термін "середнє зображення" відноситься до усередненого зображення, отриманого як усереднене значення інформації про топографії та/або анатомії спини тварини на всіх зібраних зображеннях. Однією з переваг використання такого середнього зображення є те, що рух спини тварини, яка йде під час одержання зображення, може бути згладжено на середньому або усередненому зображенні, тому зміни топографії, викликані ходьбою, можуть бути усунені.

20 Одна з великих переваг використання візуалізації замість того, щоб тварина ходила по терезах, полягає в тому, що тварини, що йдуть по терезах, можуть мати лише деякі, а не всі ступні на терезах, коли вага реєструється. Крім того, в такій установці тварини, як правило, ходитимуть дуже близько один до одного, і можливо, що кілька тварин будуть частково або повністю стояти на терезах одночасно, що призведе до неправильного показання терезів при спробі встановити вагу окремих тварин.

25 У варіанті здійснення тварина нерухомо стоїть під час збирання даних. Переважно, щоб спосіб був сумісний як з тваринами, що рухаються, так і з нерухомими тваринами. Переважно, система формування зображення конфігурована для отримання зображення під час ходьби тварини. В одному варіанті здійснення система формування зображення конфігурована для отримання зображення, коли тварина стоїть на місці. Найкраще, щоб система візуалізації була здатна отримувати дані для надійного розрахунку ваги незалежно від того, рухається тварина чи ні.

30 Дивно, але топографія та/або топологія спини тварини виявилися настільки сильно пов'язані з вагою тварини, що інші, очевидно важливі особливості, такі як висота живота над підлогою або ширина стегон та/або плечей тварин є непотрібними параметрами для оцінки ваги тварин з використанням розкритих тут системи та/або способу. Отже, авторами цього винаходу несподівано було виявлено, що форма спини тварини є достатньою для визначення ваги тварини з високою точністю.

40 У переважному варіанті здійснення одержання щонайменше одного зображення спини тварини проводять щонайменше один раз, переважно кілька разів на день, щоб зафіксувати зміну ваги залежно від часу та стану. Зміни, пов'язані з конкретним станом, можуть відноситися до змін ваги, які залежать, наприклад, від того, що тварина:

- 45 - щойно поїла,
- щойно подоєна,
- нещодавно народила,
- вагітна,
- не повністю виросла

50 разом з іншими параметрами, які впливають на вагу тварини і які можуть змінюватися протягом певного періоду часу, який може бути довгим чи коротким. Варіації, що залежать від часу, можуть бути, наприклад, вага вранці порівняно з вагою ввечері. Таким чином, виникає варіація, оскільки вранці тварина вже давно не їла, а ввечері тварина накопичує вміст своєї травної системи протягом усього дня або щонайменше його частини.

55 Переважно всі отримані дані зберігаються в базі даних. Потім до даних можна буде отримати доступ пізніше, і, крім того, можна побудувати графік зміни ваги, що залежить від часу, що може допомогти у процесі пошуку хворих тварин. Отже, цей спосіб можна комбінувати зі способами розпізнавання образів та/або машинного навчання, щоб проводити ранню діагностику стану тварин, у яких спостерігається тривожне збільшення ваги. В одному варіанті здійснення процес моніторингу та моделювання змін ваги тварини заснований на великій кількості вимірювань, отриманих протягом тривалого періоду, такого як кілька днів, переважно

кілька тижнів і більш переважно кілька місяців. Переважно, ці дані також містять множину точок даних на день для кожного дня протягом часу збирання даних, і в переважному варіанті здійснення ці дані підтримуються графіком годівлі та/або доїння тварини. Оскільки процес надування, а також споживання корму сильно залежать від часу, минулого з останнього годування, ці дані суттєво підтримують моделювання короткострокових коливань, якщо дані про вагу супроводжуються даними про кількість часу, що минув з останнього годування та/або доїння.

У переважному варіанті здійснення цього винаходу час останніх подій годування/доїння зберігається разом з отриманими даними, що відносяться до ваги тварини. Ця інформація може бути включена до алгоритму розрахунку ваги.

При оцінці розвитку ваги можливо цікаво оцінити короткострокові варіації і довгострокові варіації окремо. Переважно, історія даних використовується для створення моделі для поділу обчисленого виміру ваги на вклади, щонайменше довгострокові зміни і короткострокові коливання. Більш переважно, розраховані вимірювання ваги використовуються для математичного моделювання короткострокових коливань та довгострокових змін під час визначення ваги. Отже, модель може поділити варіації у вимірах ваги на короткострокові коливання та довгострокові зміни. У варіанті здійснення цього винаходу короткострокові коливання вимірювання ваги являють собою зміни протягом дня або на повсякденній основі. Ці короткочасні коливання у визначенні ваги можна приписати надування та/або вмісту корму в кишкковій системі та/або набряку тварини. Довгострокові зміни у визначенні ваги можна розглядати як поступові зміни протягом періоду щонайменше кількох днів, переважно, протягом декількох тижнів, більш переважно протягом декількох місяців. Ці довгострокові зміни ваги тварини можуть бути приписані до зростання/деградації тіла невагітної тварини, тоді як довгострокові зміни можуть бути приписані до зростання/деградації тіла, м'язів, жиру та/або скелета.

Розкритий тут підхід може визначати вагу тварини незалежно від віку тварини, кількості лактацій і від того, вагітна чи тварина чи хвора. Наприклад, з погляду вагітності, протягом певного періоду часу відбудеться значне збільшення ваги, але оскільки збільшення ваги через вагітність призведе до збільшення топографії/топології спини, збільшення ваги буде виявлено у розкритому тут підході. Отже, розкритий тут підхід може використовуватись для виявлення вагітності та/або спостереження за вагітністю протягом періоду вагітності.

В іншому варіанті здійснення вагітність включена у модель визначення ваги. Тобто. як тільки стає відомо, що конкретна тварина вагітна, це може бути враховано в моделі, тобто для підвищення точності визначення ваги з метою більш ретельного спостереження за вагітною твариною. Отже, вагітність може бути компенсована та/або включена, та/або іншим чином включена в моделювання ваги, щоб процес зростання плода не плутався з набором ваги самої тварини, і щоб вплив вагітності на контур спини тварини можна було правильно включити до моделі. У додатковому варіанті здійснення довгострокові зміни вагітної тварини приписують росту/деградації тіла та росту плода вагітної тварини. Переважно, вагітність включена в алгоритм визначення маси тіла тварини на основі даних, отриманих з оптичного датчика. Можлива вагітність тварини може бути зареєстрована в системі вручну для цієї конкретної тварини. Протягом періоду вагітності зміна ваги тварини може реєструватися з тим застереженням, що у тварини зростає плід. Також при вагітності можуть змінитися параметри алгоритму розрахунку ваги, щоб розрахована вага краще підходила для вагітної тварини.

Подія пологів може бути зареєстрована в даних і компенсована в математичній моделі або іншим чином зазначена в базі даних, щоб не плутати цю подію з раптовою різкою деградацією організму сільськогосподарських тварин. Крім того, втрата ваги, що приписується події пологів, у варіанті здійснення цього винаходу використовується для оцінки частки збільшення ваги під час вагітності, яка може бути приписана до зростання плода. Отже, цей внесок у збільшення ваги може бути ретроспективно введений у математичну модель. Відповідно, у варіанті здійснення цього винаходу подія пологів реєструється в даних і включається в математичну модель для забезпечення правильного розрахунку поточної ваги тварини, а також, можливо, для інших цілей. Один із підходів до реєстрації події народження полягає в тому, що після того, як тварина народила, подія народження реєструється в блоці обробки. Реєстрація може відбуватися вручну або автоматично. Падіння ваги після пологів може бути використане для розрахунку збільшення ваги тварини за період вагітності, яка сталася через збільшення ваги, пов'язаної із вагітністю. Збільшення ваги, пов'язане з вагітністю, може бути пов'язане з такими елементами, як зростання одного або більше плодів та однієї або більше плацент, серед інших параметрів збільшення обсягу крові та додаткові жирові відкладення. У описуваному тут підході порівнюють вагу до і під час вагітності з вагою після пологів.

Система формування зображення зазвичай включає в себе щонайменше оптичний пристрій, наприклад камеру, і для того, щоб підтримувати в чистоті щонайменше один оптичний пристрій, пристрій, можливо, доведеться очистити та/або, можливо, захистити від бруду в приміщенні. Одне з можливих рішень – використовувати захисну кришку, що захищає оптичний пристрій від бруду. У переважному варіанті здійснення щонайменше один оптичний пристрій захищений захисним кожухом, щоб бруд не покривав безпосередньо функціонуючі частини оптичного пристрою. У додатковому варіанті здійснення кришка щонайменше одного оптичного детектора очищається з використанням автоматизованої системи очищення, такий як автоматичний склоочисник. Отже, якщо кришка оптичного пристрою стає занадто брудною для захоплення бажаних даних, кришку можна очистити автоматично, запустивши систему очищення, таку як автоматичний склоочисник.

Інший підхід до підтримання чистоти щонайменше одного оптичного детектора полягає, наприклад, у тому, що щонайменше один оптичний детектор захищений воротами або затвором, що відкривається лише на короткий період часу, після збору даних. Отже, детектор буде відкритий лише протягом дуже короткого проміжку часу після збирання даних щонайменше одним оптичним детектором. Таким чином, в одному варіанті здійснення щонайменше один оптичний детектор захищений воротами або затвором, що відкривається лише на короткий період часу після збору даних. Отже, ворота або затвор ненадовго відкриваються для отримання зображення, а потім знову закриваються, щоб уникнути забруднення оптичного пристрою. В останньому випадку оптичний пристрій міститиме як захисну кришку, так і ворота/затвор, отже, ворота/затвор запобігають надто швидкому забруднюванню кришки оптичного пристрою. Щоб оптимізувати час, протягом якого оптичний детектор піддається впливу збору даних, отже, для оптимізації часу затвора, щоб відкрити ворота або затвор, система може містити іншу систему зворотного зв'язку, щоб визначити, коли тварина стоїть у належному положенні для отримання даних. Ця система зворотного зв'язку може бути незалежною системою на основі датчика, розміщеного поруч із 3D-камерою. Положення тварин може бути визначено за допомогою іншого детектора та/або датчика, не закритого затвором або брамою, і визначається, коли тварина знаходиться у належному положенні для візуалізації. Коли це станеться, затвор відкриється, і буде зроблено зображення діапазону, після чого затвор негайно закриється. Також можна отримати серію зображень до закриття затвора.

У додатковому варіанті здійснення щонайменше один оптичний детектор включає систему попередження про очищення, що визначає, коли датчик необхідно очистити, і повідомляє користувача через зазначену систему попередження, таку як увімкнення світла, відтворення шуму або бездротовий сигнал, що надсилається на комп'ютер. Це особливо корисно, якщо пристрій не має автоматизованої системи очищення або якщо його недостатньо для повного очищення пристрою. У такому випадку система сповіщення проінформує користувача про необхідність подальшого очищення пристрою або його кришки. Після цього користувач може вручну очистити пристрій або активувати автоматизовану систему очищення. У цьому випадку процес очищення може бути автоматичним або ручним. Якщо процесу автоматичного очищення достатньо, може не знадобитися сповіщення користувача, і цей крок можна пропустити, поки система може ефективно самоочиститись.

У контексті цього опису тваринами можуть бути велика рогата худоба, переважно включаючи корів, биків, як дорослих, так і новонароджених тварин. Отже, порода тварин може бути обрана з груп: джерсейська порода, голштинська порода, голштинська фризська порода великої рогатої худоби, голштинська порода великої рогатої худоби швартбонт (Swartbont), німецька голштинська порода великої рогатої худоби шварцбунт (Schwarzbunt), американська голштинська порода великої рогатої худоби, червона та біла голштинська порода, німецька голштинська порода великої рогатої худоби шварцбунт (Schwarzbunt), данська червона порода, фінська ейрширська порода, шведська червона та біла порода, данська голштинська порода, шведська червона та біла порода та скандинавська червона порода.

Приклади

Приклад 1

Для створення еталона великої рогатої худоби джерсійської породи спини окремих тварин стада зі 102 голів джерсійської породи були візуалізовані протягом чотирьох тижнів з використанням системи та способу згідно з цим винаходом. Тварини стада мали середню вагу 460 кг та діапазон ваги від 350 до 650 кг. Протягом 4 тижнів було проведено 1329 вимірів спини тварин стада, кількість вимірів на одну тварину варіювалася від 3 до 15 протягом 4 тижнів. З 1329 вимірів 1149 з них були виконані вранці, а 180 - удень у будь-який день протягом 4-тижневого періоду. Зображення були отримані одночасно (протягом однієї хвилини) з

вимірюванням ваги тварин з використанням ваг. Таким чином, після створення еталонної моделі з'явилася можливість протестувати та перевірити заявлений тут підхід.

На кожній стороні хребта були створені три контурні лінії, розташовані за допомогою описаного тут способу побудови контурів. Три контурні лінії, що відносяться до зменшення на 2,5 см, 5 см і 10 см по відношенню до хребта, з використанням підходу кожної точки, що представляє таке саме відносне зменшення висоти по відношенню до хребта, мають кожну точку відліку вздовж хребта, як описано вище. У цьому прикладі було виявлено 100 точок вздовж хребта та зареєстровано 100 точок для кожного падіння висоти, виявленого відносно хребта. Отже, по 300 точок на кожній стороні хребта було використано для оцінки контурних графіків, використаних для створення еталонної моделі.

Модель, використана у цьому прикладі, є моделлю найменших часткових квадратів (PLS). 400 змінних контурів спини корови аналізуються за допомогою моделі часткових найменших квадратів. Це пов'язано із автокореляцією між змінними. Використання всіх 400 змінних у моделі було б надмірно підігнаною моделлю, і більшість змінних не додали б додаткової інформації у модель. Модель передбачення може бути згенерована з числом предикторів, що пояснює понад 98 % варіації ваги. Передбачення ваги оцінюється з використанням кількості змінних, запропонованих моделлю. Залишки визначаються як різниця між передбаченими і спостережуваними змінними для кожного індивідуального фенотипу ваги. Для всіх фенотипів доступна як реєстрація ваги, так і опис контуру спини корови.

У прикладах згаданих тут 1 і 2 виявилось, що лише 12 контурних точок, вибраних з хребта, і трьох контурних ліній було достатньо для передбачення ваги з достатньою точністю. У конкретному випадку чотири точки, вибрані вздовж хребта, три контурні точки від контурної лінії на відстані 2,5 см, одна контурна точка від контурної лінії 5 см та чотири точки від контурної лінії 10 см. Хребет був згенерований 100 контурними точками, і кожна з трьох контурних ліній була побудована зі 100 контурних точок. Точками передбачення були такі: C0_5, C0_32, C0_64 та C0_90 від хребта, C1_24, C1_54 та C1_85 від контурної лінії 2,5 см, C2_48 від контурної лінії 5 см і C3_11, C3_40, C3_72 та C3_98 від контурної лінії 10 см. Як видно за точками передбачення, вони розподілені по контурних лініях, щоб покрити більшу площу спини тварини.

Аналогічні результати можуть бути отримані з іншими контурними точками, але принцип полягає в тому, що лише обмежена кількість контурних точок, вибраних з обмеженої кількості контурних ліній (включаючи хребет), достатні для адекватного опису тривимірної форми тварини з метою визначення ваги.

На фіг. 4 показані всі 1329 отриманих даних для цього прикладу. Отже, кожна точка даних відображає вагу, що вимірюється на вагах, однієї тварини в одному випадку і відповідну розрахункову вагу тієї ж тварини на основі розкритого тут підходу. Дані нанесені на графік як розрахована вага, яка залежить від ваги, вимірюваної на вагах. Як правило, дані відображають ідеальну відповідність між розрахованою масою та вимірюваною масою тварини, демонструючи надійність розкритого тут підходу, навіть коли інші відповідні параметри, такі як вік, тривалість з моменту отелення чи кількість нащадків, народжених твариною, не враховувалися при визначенні ваги. Отже, у цьому прикладі обчислення засновані виключно на 12 предикторів контурних точок, вилучених із зображень спини тварин, і ні на чому іншому.

Зважаючи на відхилення розрахованої ваги від вимірюваної, все ще відносно розріджений набір даних відображає відносно симетричне відхилення нормального розподілу між розрахованим і виміряним набором даних. Це показано на фіг. 5. Майже симетричний розподіл відхилення, близько 0, демонструє відсутність систематичної помилки, пов'язаної з аналізом даних. Цю інформацію можна відняти з фіг. 6 на якій залишки нанесені в залежності від вимірюваної ваги. В цілому видно, що розподіл відносно симетрично, щодо залишку, рівного 0, і немає сильної тенденції, що вказує на те, що залишки систематично невірні для цієї підгрупи тварин, за вагою.

Взявши середню розрахункову вагу та середню виміряну вагу кожної тварини з усіх вимірювань, проведених на вказаній тварині протягом 4-тижневого періоду часу (кожна тварина має від 3 до 15 пар вимірювань та розрахунків), ми приходимо до представлених на фіг. 7 даних. Як видно, узгодженість між вимірюваною і розрахованою вагою кожної тварини стає кращою, що також очікується з огляду на те, що кожна точка тепер відображає більший обсяг даних. Кожна точка (102 точок) на фіг. 7, відповідно, відображає середню вагу (обчислену та виміряну) однієї окремої тварини в стадії. Фіг. 8 відображає різницю між середньою вимірюваною вагою та середньою розрахованою вагою в залежності від середньої ваги, що вимірюється. На цьому кресленні показано, що відхилення між вимірюваною та розрахованою вагою не залежить від ваги.

Відомо, що тварина худнути у перші дні після пологів, оскільки тварині потрібні всі її ресурси, у тому числі додаткові жирові відкладення, накопичені під час вагітності, для вироблення молока. Отже, воно буде повільно руйнувати відкладення свого тіла. Приблизно через 50 днів тварина почне набирати вагу, оскільки виробництво молока знижується і тепер тварина може з'їсти достатньо, щоб фактично відновити свої жирові відкладення. Значить, тварина знову набере ваги. Також через досить тривалий час тварина знову завагітніє і почне набирати вагу. Отже, як перевірку працездатності поточної моделі цього прикладу 1329 вимірювань і обчислень ваги були нанесені в залежності від кількості днів з моменту останнього отелення конкретної тварини. Дані представлені на фіг. 9 і показують повільне збільшення маси тіла тварини в залежності від кількості днів після отелення. Слід зазначити, що дані на фіг. 9 відображають вагу тварин, взятих за цей 4-тижневий період часу, і, отже, жодна тварина не спостерігалася протягом періоду часу, досить тривалого, щоб скласти карту значущої зміни ваги їх індивідуального зростання ваги залежно від кількості днів після отелення. Залишки розрахунків ваги та вимірювань залежно від кількості днів після отелення показані на фіг. 10, і знову в даних про вагу не виникає чіткої систематичної помилки, також не залежно від кількості днів після отелення. Таким чином, модель здається стабільною щодо систематичної помилки в залежності від ваги та кількості днів з моменту отелення на основі даних, отриманих у цьому прикладі.

Приклад 2

Щоб перевірити, чи застосовні дані до різних стадів, той же підхід, описаний вище у прикладі 1, був повторений для іншого стада великої рогатої худоби джерсейської породи на іншій фермі. Друге стадо складалося зі 162 голів великої рогатої худоби джерсейської породи із середньою вагою 519 кг, тобто, в середньому корови у стаді 2 були приблизно на 60 кг важчими.

На фіг. 11 показані дані для стада 2, які відповідають фіг. 4 де показані дані того ж типу для стада 1. На фіг. 11 показані усі отримані дані для стада 2. Отже, кожна точка даних відображає вимірювану вагу на вагах однієї тварини, в одному випадку, і відповідний розрахунковий вагу тієї ж тварини на основі розкритого тут підходу. Дані нанесені на графік як розраховану вагу, що залежить від ваги, виміряної на вагах. Як правило, дані відображають ідеальну відповідність між розрахованою вагою та виміряною вагою тварини, демонструючи надійність розкритого тут підходу. Також, у цьому прикладі обчислення засновані виключно на 12 предикторів контурних точках, вилучених із зображень спини тварин у стаді 2, і ні на чому іншому.

На фіг. 12 показані дані для стада 2, які відповідають фіг. 7 де показані дані того ж типу для стада 1. Як показано на фіг. 12, узгодженість між виміряною та розрахованою вагою кожної тварини стає кращою, що також очікується з урахуванням того, що кожна точка тепер відображає більший обсяг даних.

У таблиці 1 нижче наведено дані для стада 1 та стада 2.

	Стадо 1	Стадо 2
Корови	102	162
Середня вага	460	519
Стандартне відхилення ваги, що спостерігається, між коровами	40	28
Стандартне відхилення ваги, що передбачається між коровами	36	25
Стандартне відхилення спостереження ваги у корів	5,9	7,0
Стандартне відхилення прогнозованої маси у корів	5,4	6,4

Таблиця 1

Як видно з наведеної вище таблиці, стандартне відхилення між коровами було більше в стаді 1, де корови в середньому були найменшими.

Модель PLS використовувалася для передбачення ваги з урахуванням 400 контурів спини корів обох стад. Значення r^2 між передбачуваною і вагою, що спостерігається, становило 0,90, а дослідження з перехресною перевіркою, в якому корів випадковим чином розподіляли по п'яти різних групах по лактації та стаду, показало надійність моделі 0,82, а також середньоквадратичну помилку 0,54. Результати не залежать від днів або кількості молока та лактації, а засновані лише на інформації, яка доступна на зображеннях.

Приклад 3

Щоб перевірити, чи застосовні дані до різних порід великої рогатої худоби, той же підхід, який описаний вище в прикладах 1 та 2, був повторений для різноманітних стад джерсейської, голштинської та червоної молочної породи худоби відповідно. Дані по вазі були записані для чотирьох стад (дві стада великої рогатої худоби джерсейської породи, одне стадо червоної молочної породи та одне стадо голштинської породи) протягом шести тижнів. Розміри стад не були рівними, що призводило до нерівномірного розподілу даних між стадами, але це не вплинуло на результати. Використовуючи підхід, описаний тут, з п'ятьма контурними точками, вибраними з хребта, і менше ніж п'ятьма контурними точками, вибраними з кожної з менш ніж п'яти контурних ліній відносно хребта, вага була передбачена за допомогою тривимірного зображення спини тварини, дані показують, що в середньому різниця між вагою, що спостерігається та передбаченою вагою дуже мала. При 10-кратній перехресній перевірці було оцінено середньоквадратичну помилку (RSME), і дані представлені в таблиці 2 нижче, та на фіг. 13-15, де показаний графік залежності середньої ваги, що спостерігається від передбаченої ваги для худоби червоної молочної породи (фіг. 13), худоби джерсейської породи (фіг. 14) та худоби голштинської породи (фіг. 15).

Порода	тварин	Середня перед. вага	Середня набл. вага	Стандартне відхилення	Середньоквадратична помилка кг/%
КМП	101	625	624	59,6	22,7/3,60
Голш.	398	676	678	84,2	37/5,38
Джер.	300	508	508	48,8	23,5/4,60

Таблиця 2

Випадкова дисперсія тварин, загальна дисперсія та повторюваність отриманих даних показані в таблиці 3 нижче. Згідно з даними із таблиці 3, повторюваність вимірів вище 0,9, тобто. дуже висока.

Порода	Відхилення Тварина	Дисперсія залишку	Циклічність	Кількість тварин
КМП	2991	249	0,92	101
Голш.	5566	553	0,91	398
Джер.	2073	164	0,93	300

Таблиця 3

Щоб проаналізувати, чи можна додатково покращити передбачення шляхом включення пори року та даних, що відносяться до кількості лактації та тижнях лактації окремої тварини, дані про масу були проаналізовані з використанням наступної моделі:

Вага = середнє значення + стадо + тиждень в році + кількість лактації + тиждень лактації + тварина + залишок

Випадкова дисперсія тварин, загальна дисперсія та повторюваність були розраховані знову, і результати наведено нижче в таблиці 4.

Порода	Відхилення Тварина	Дисперсія залишку	Циклічність	Кількість тварин
КМП	2216	233	0,90	101
Голш.	2527	512	0,83	398
Джер.	950	153	0,86	300

Таблиця 4

Як видно з Таблиці 4, модель лише трохи покращена за рахунок включення додаткових параметрів, специфічні для тварин, дисперсія зменшується; відтворюваність навіть трохи збільшується.

Слід зробити висновок, що описаний тут підхід, заснований тільки на дискретній кількості контурних точок, витягнутих із тривимірного зображення спини тварини, достатній для точного передбачення ваги тварини, якщо доступна конкретна еталонна модель, зокрема еталонна модель для конкретної породи, тобто параметри, специфічні для тварин, можуть бути виключені з передбачення ваги, що робить практичну реалізацію можливою в реальних умовах.

Додаткова інформація

1. Спосіб визначення ваги тварини відомої породи, що включає наступні етапи:

- отримують щонайменше одне тривимірне зображення спини тварини,
- вилучення даних із зазначеного щонайменше одного тривимірного зображення, що

відносяться до топології спини тварини, та

- обчислюють вагу зазначеної тварини шляхом зіставлення даних з еталонною моделлю, що містить інформацію про топологію спини по відношенню до ваги для породи зазначеної тварини.

2. Спосіб за пунктом 1, в якому вилучені дані містять дискретну кількість контурних точок, переважно менше 50 контурних точок, більш переважно менше 25 контурних точок, ще більш переважно менше 20 контурних точок, найбільш переважно менше 15 контурних точок, наприклад, 12 контурних точок.

3. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, в якому хребет тварини розташовується щонайменше на одному тривимірному зображенні спини тварини.

4. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, у якому хребет тварини визначається як наскрізна лінія локальних максимумів.

5. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, у якому хребет тварини визначає поздовжній напрямок тривимірного зображення.

6. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, в якому дані вилучаються з тривимірного зображення шляхом побудови контуру спини тварини для створення контурних ліній відносно хребта.

7. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів 6, у якому контурні точки на контурній лінії засновані на відносному падінні висоти по відношенню до висоти хребта в даному місці вздовж хребта.

8. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, в якому вилучені дані містять від 1 до 10 контурних точок, наприклад, 4 контурні точки, вибраних з хребта, та/або від 1 до 10 контурних точок, наприклад 4 контурні точки, вибрані з кожної від 1 до 10 контурних ліній, наприклад 3 контурних ліній, відносно хребта.

9. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів 6-8, в якому контурні лінії створюють через дискретні інтервали на висоті, меншій або рівній 15 см, переважно меншою або рівною 10 см, відносно висоти хребта.

10. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, в якому єдину контурну точку контурної лінії визначають як попередньо визначене зниження висоти на спині тварини відносно висоти хребта, при цьому зниження висоти відносно точки на хребті тварини розташовується по лінії, що перпендикулярна хребту.

11. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, що містить етап ідентифікації тварини на основі вказаного щонайменше одного тривимірного зображення.

12. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, у якому тварина рухається під час отримання зазначеного щонайменше одного тривимірного зображення.

13. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, у якому отримують більше одного тривимірного зображення тварини.

14. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, в якому зазначене щонайменше одне тривимірне зображення засноване на множині тривимірних зображень, отриманих під час руху тварини.

15. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, в якому аналіз даних заснований на середньому зображенні двох або більше зображень.

16. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, в якому тварина являє собою велику рогату худобу, переважно включаючи як корів, так і биків, як дорослих, так і новонароджених тварин.

17. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, в якому порода тварин обрана з наступних груп: джерсейська порода, фрізська порода великої рогатої худоби, голштинська порода великої рогатої худоби швартбонт (Swartbont), німецька голштинська порода великої рогатої худоби шварцбунт (Schwarzbunt), американська голштинська порода великої рогатої худоби, червона та біла голштинська порода, німецька голштинська порода великої рогатої худоби шварцбунт (Schwarzbunt), данська червона порода, фінська ейрширська порода, шведська червона та біла порода, данська голштинська порода, шведська червона та біла порода та скандинавська червона порода.

18. Система визначення ваги тварини відомої породи, що містить:

- систему візуалізації, конфігуровану для отримання щонайменше одного тривимірного зображення спини тварини,
- блок обробки, конфігурований для

- вилучення даних із зазначеного щонайменше одного тривимірного зображення, що відносяться до топології спини тварини, та

- обчислення ваги зазначеної тварини шляхом зіставлення даних з еталонною моделлю, що містить інформацію про топологію спини по відношенню до ваги для породи зазначеної тварини.

19. Система відповідно до пункту 18, конфігурована для так, що виходить щонайменше одне тривимірне зображення зверху тварини, в такий спосіб відображаючи тварин у вигляді зверху.

20. Система за будь-яким з пп.18-19, конфігурована для отримання зазначеного щонайменше одного тривимірного зображення, коли тварина стоїть у клітці та/або проходить через неї.

21. Система за будь-яким з пп.18-19, конфігурована для отримання зазначеного щонайменше одного тривимірного зображення при запуску зазначених тварин, що наближаються до клітини та/або входять до неї.

22. Система з будь-якого з пп.18-21, в якій блок обробки виконаний з можливістю виконання способу з будь-якого з пп. 1-17.

ФОРМУЛА ВІНАХОДУ

1. Спосіб визначення ваги тварини відомої породи, що включає наступні етапи:

отримують щонайменше одне тривимірне зображення спини тварини, вилучають дані у вигляді дискретної кількості контурних точок із зазначеного щонайменше одного тривимірного зображення, що належать до топології спини тварини, причому контурні точки вилучають відносно лінії локальних максимумів уздовж спини тварини, та обчислюють вагу зазначеної тварини шляхом прямого зіставлення зазначених контурних точок з еталонною моделлю, що містить інформацію про топологію спини відносно ваги для породи зазначеної тварини, причому еталонна модель містить необ'ємні топологічні характеристики, специфічні для зазначеної породи зазначеної тварини, де необ'ємні топологічні характеристики пов'язані зі специфічними для породи моделями ваги для врахування відмінностей у будові тіла.

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що вилучені дані містять від 5 до 30 контурних точок.

3. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що вилучені дані містять менше 20 контурних точок.

4. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що вилучені дані містять від 10 до 20 контурних точок.

5. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що дані вилучають із тривимірного зображення шляхом побудови контуру спини тварини для створення контурних ліній відносно хребта, який визначають як наскрізну лінію локальних максимумів, при цьому контурні точки на контурній лінії ґрунтовані на відносному падінні висоти відносно висот хребта в даному місці вздовж хребта.

6. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що вилучені дані містять менше 5 контурних точок, вибраних з хребта, та менше 5 контурних точок, вибраних з кожної з менш ніж 5 контурних ліній відносно хребта.

7. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що вилучені дані містять від 1 до 10 контурних точок, вибраних з лінії локальних максимумів уздовж спини тварини, наприклад 4 контурні точки, вибрані з лінії локальних максимумів уздовж спини тварини, і від 1 до 10 контурних точок, наприклад 4 контурні точки, вибрані з кожної з від 1 до 10 контурних ліній, наприклад 3 контурні лінії, відносно лінії локальних максимумів уздовж спини тварини.

8. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що єдину контурну точку контурної лінії визначають як попередньо визначене зниження висоти на спині тварини відносно висоти хребта, при цьому зниження висоти відносно точки на хребті тварини розташовується по лінії, перпендикулярній хребту.

9. Спосіб за будь-яким за пп. 5-8, який **відрізняється** тим, що контурні лінії створюють через дискретні інтервали на висоті, меншій або рівній 15 см, переважно меншій або рівній 10 см, відносно висоти хребта.

10. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що включає етап ідентифікації тварини на основі вказаного щонайменше одного тривимірного зображення.

11. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що тварина рухається під час отримання зазначеного щонайменше одного тривимірного зображення.

12. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що зазначене щонайменше одне тривимірне зображення основане на множині тривимірних зображень, одержаних під час руху тварини.

13. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що тварина являє собою велику рогату худобу, переважно включаючи як корів, так і биків, як дорослих, так і новонароджених тварин.

14. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що породно-специфічну еталонну модель вибирають з множини моделей, що відповідають різним популяціям великої рогатої худоби, причому кожна модель містить необ'ємні топологічні дані, пов'язані з локалізованими анатомічними характеристиками відповідної породи.

15. Система визначення ваги тварини відомої породи, що містить: систему візуалізації, конфігуровану для отримання щонайменше одного тривимірного зображення спини тварини, блок обробки, конфігурований для вилучення даних у вигляді дискретної кількості контурних точок із зазначеного щонайменше одного тривимірного зображення, що належать до топології спини тварини, причому контурні точки вилучаються відносно лінії локальних максимумів уздовж спини тварини, і

обчислення ваги вказаної тварини шляхом прямого зіставлення зазначених контурних точок з еталонною моделлю, що містить інформацію про топологію спини відносно ваги для породи вказаної тварини, причому еталонна модель містить необ'ємні топологічні характеристики, специфічні для зазначеної породи зазначеної тварини, де необ'ємні топологічні характеристики пов'язані зі специфічними для породи моделями ваги для врахування відмінностей у будові тіла.

16. Система за п. 15, яка **відрізняється** тим, що конфігурована для отримання зазначеного щонайменше одного тривимірного зображення, коли тварина стоїть у клітці та/або проходить через неї.

17. Система за п. 15 або 16, яка **відрізняється** тим, що конфігурована для отримання вказаного щонайменше одного тривимірного зображення при запуску вказаної тварини, що наближається до клітки та/або входять до неї.

18. Система за будь-яким з пп. 15-17, яка **відрізняється** тим, що блок обробки виконаний з можливістю виконання способу за будь-яким з пп. 1-14.

Відкориговане зображення глибини

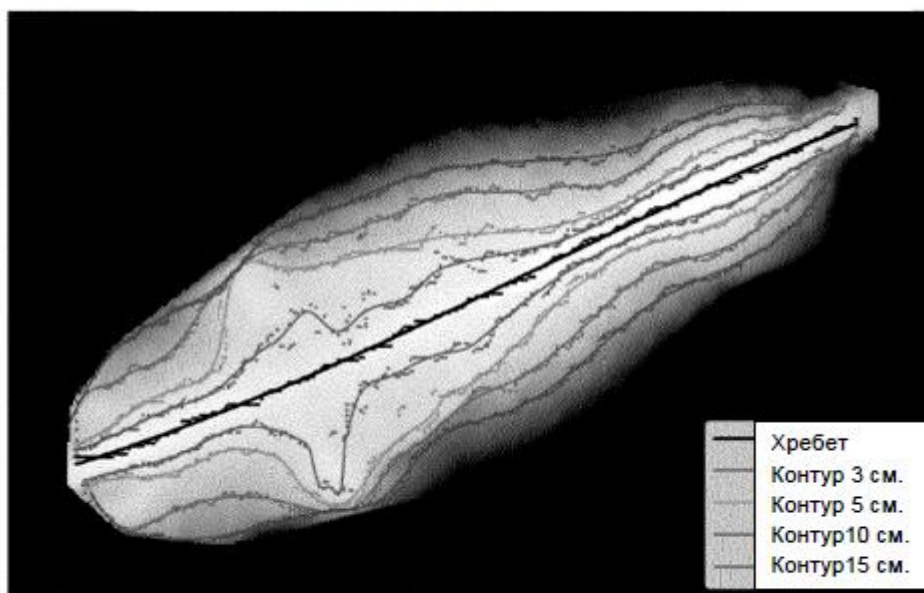


Fig. 1

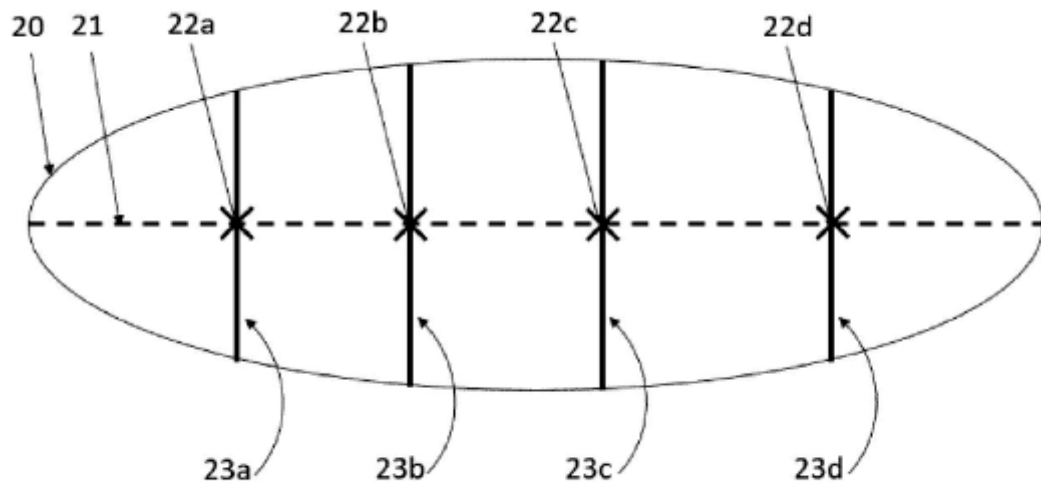


Fig. 2

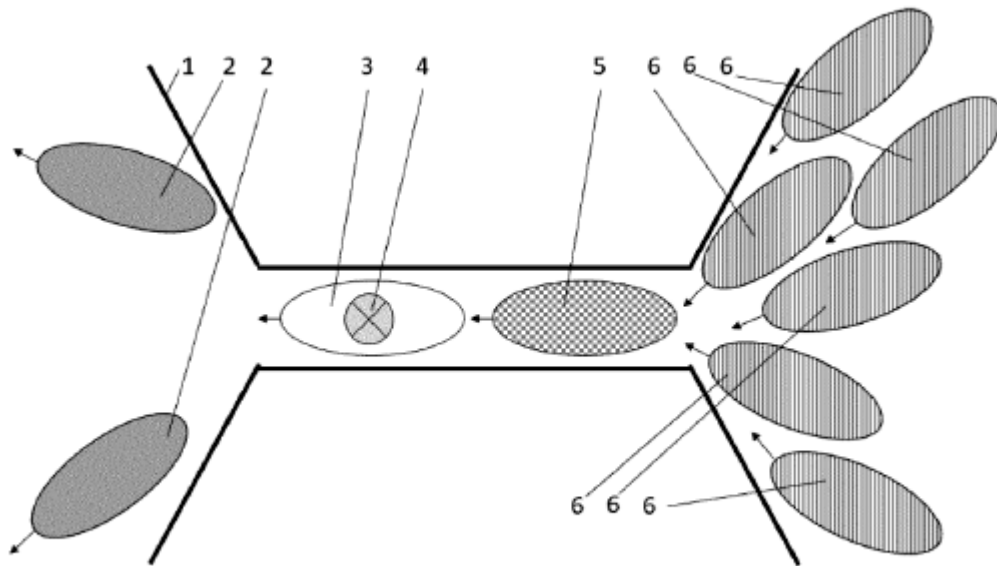
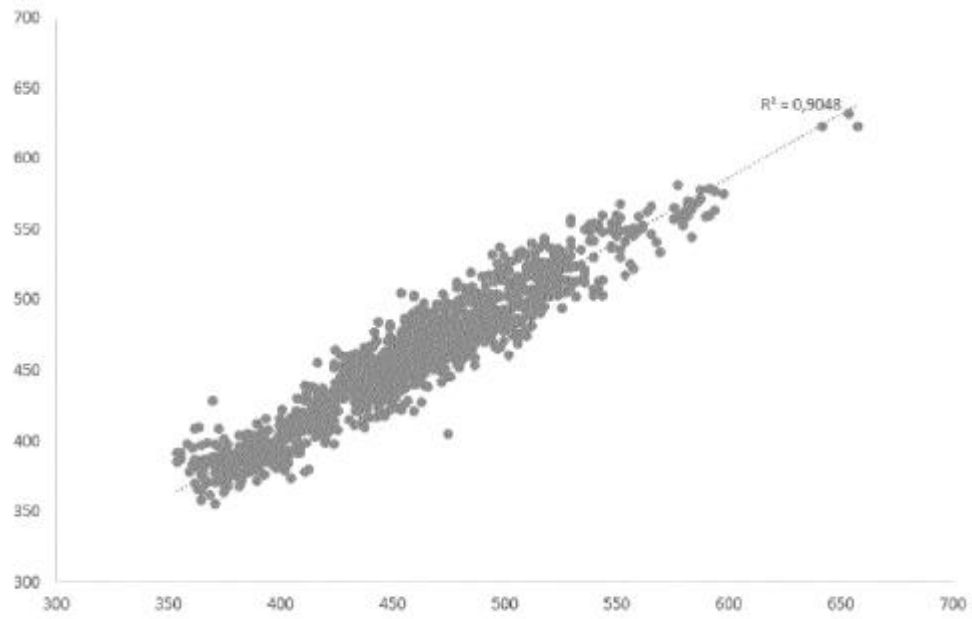
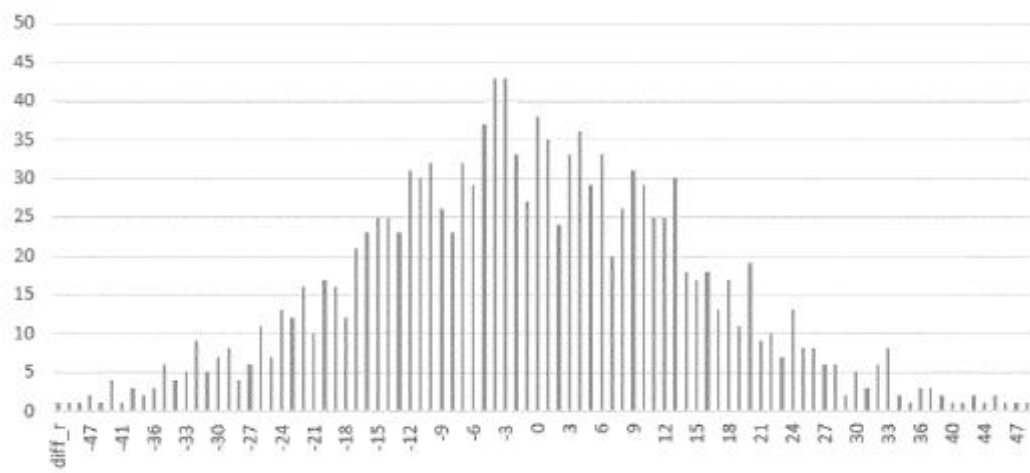


Fig. 3



Φir. 4



Φir. 5

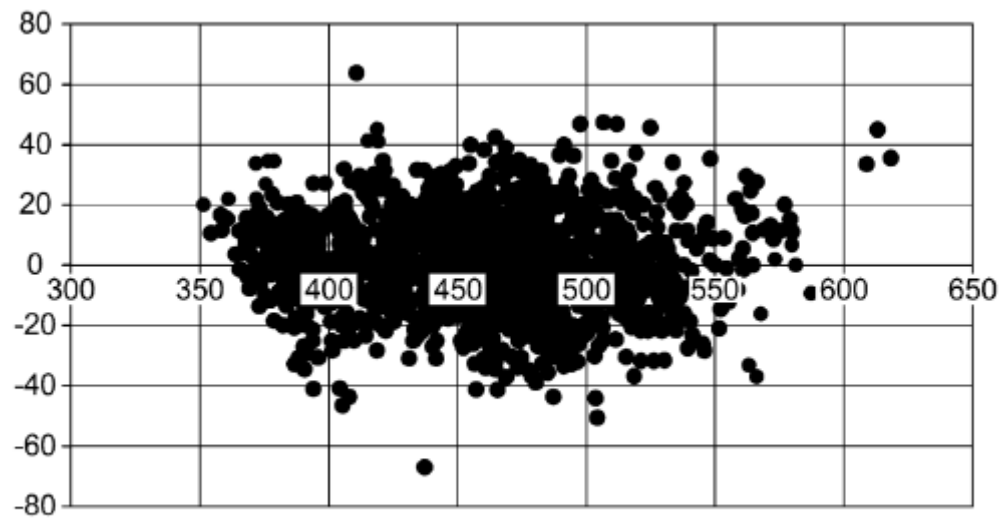


Fig. 6

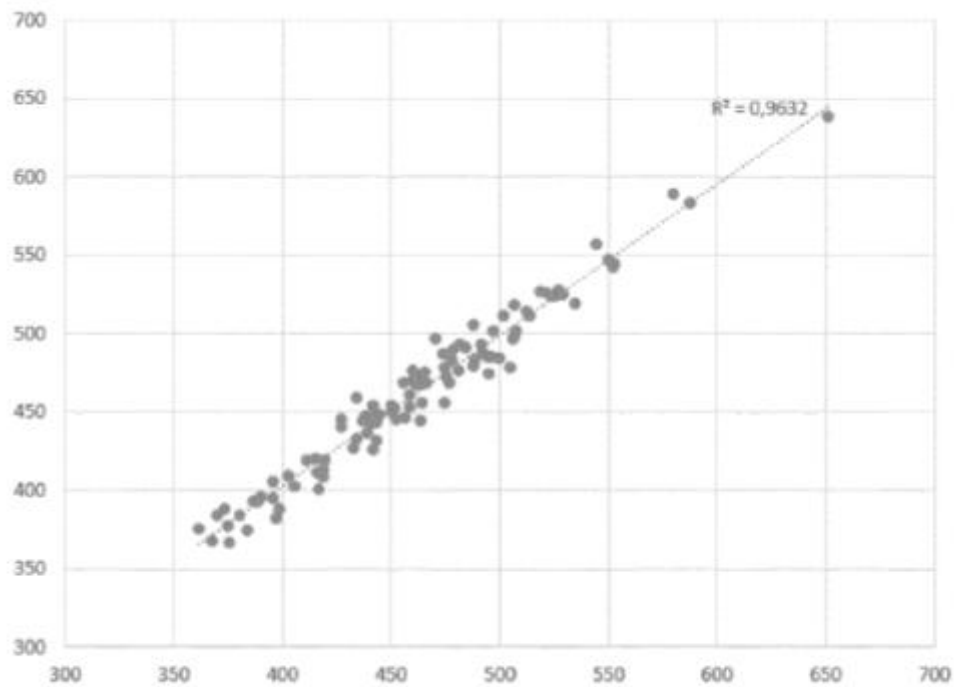


Fig. 7

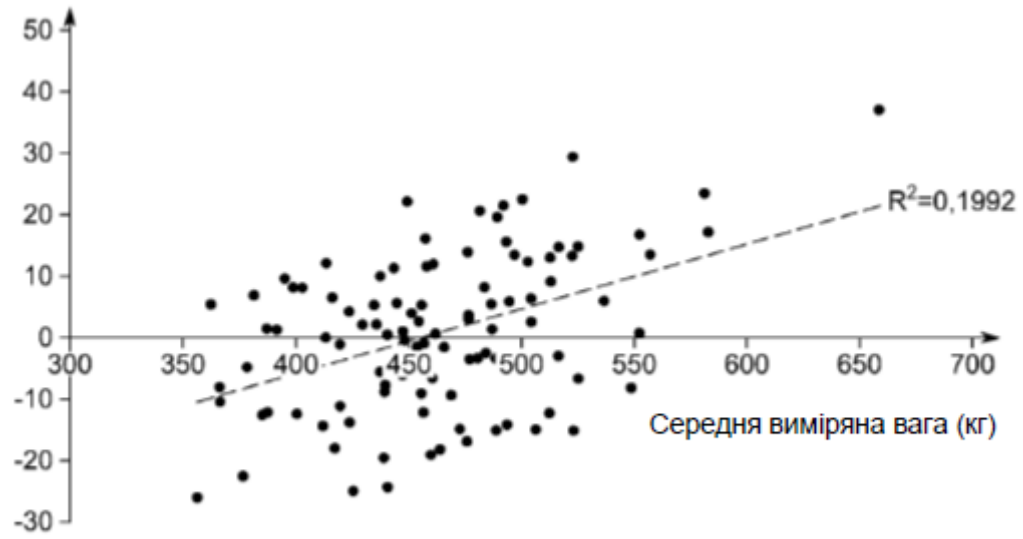


Fig. 8

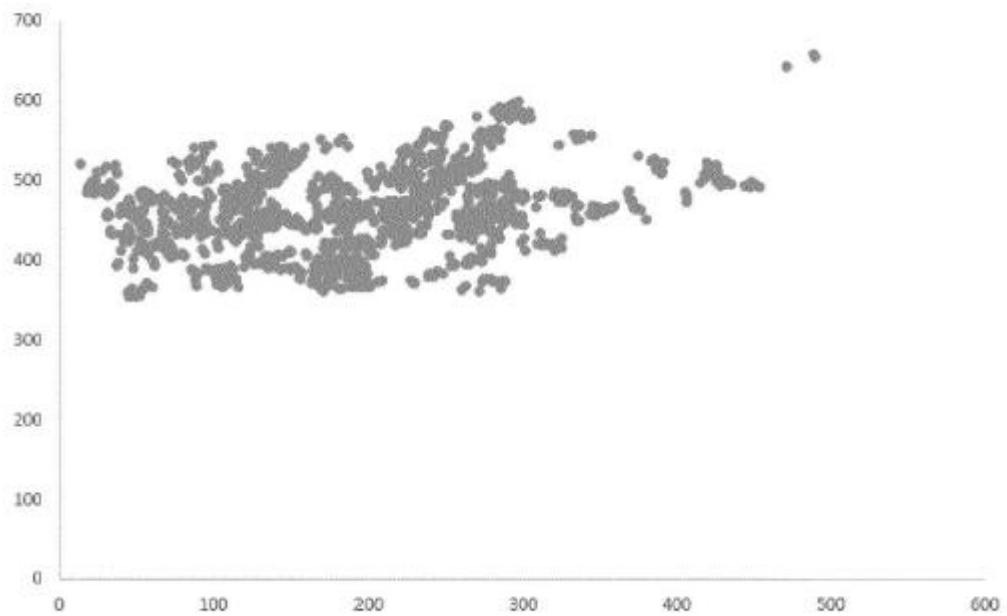


Fig. 9



Fig. 10

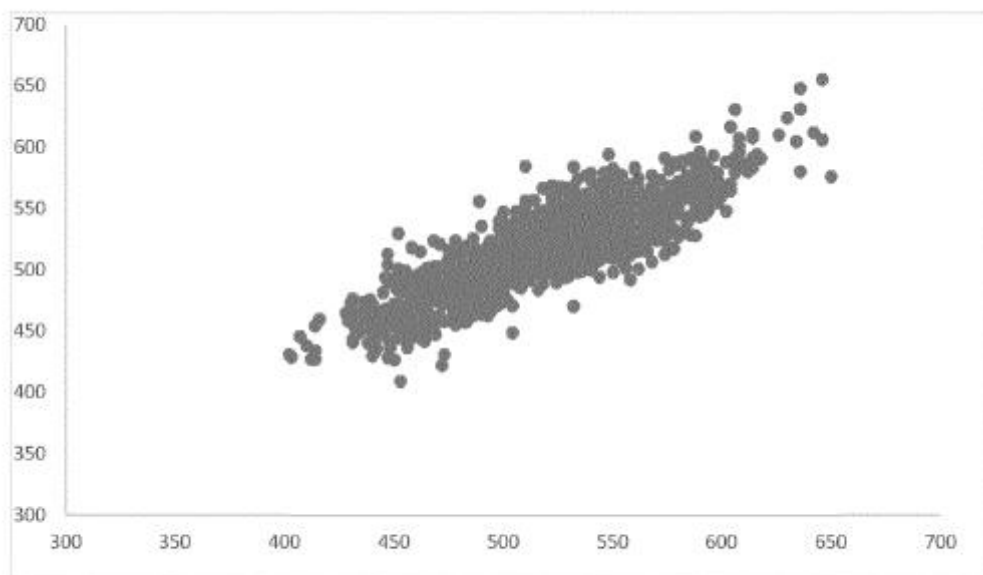
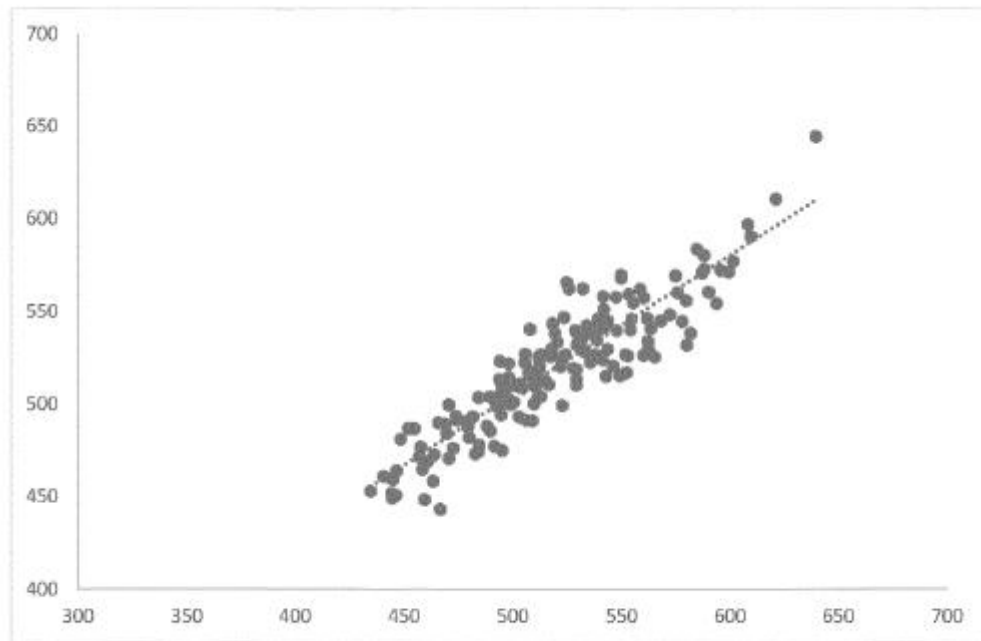
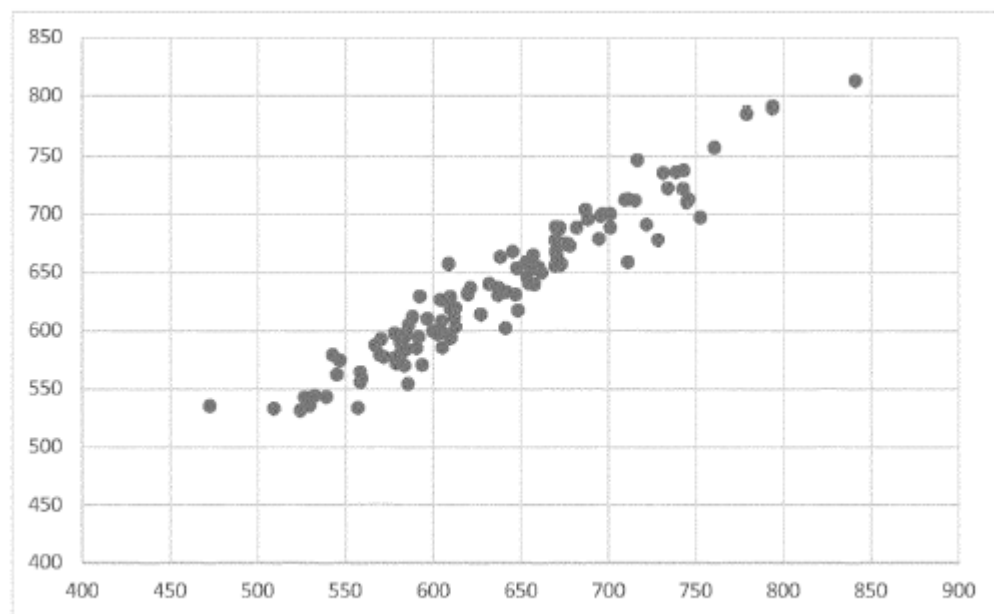


Fig. 11



Φir. 12



Φir. 13

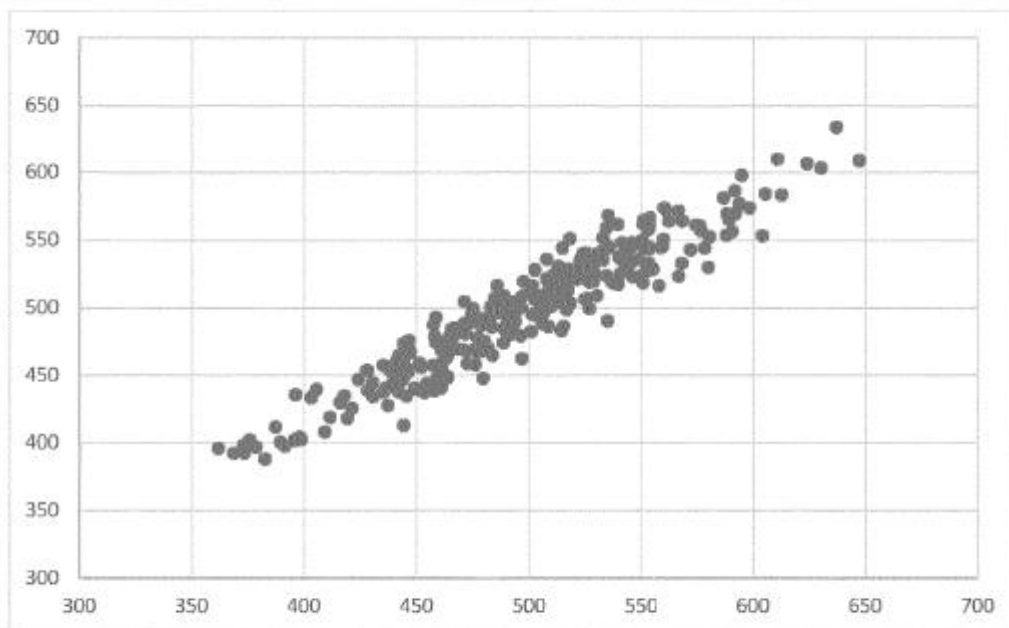


Fig. 14

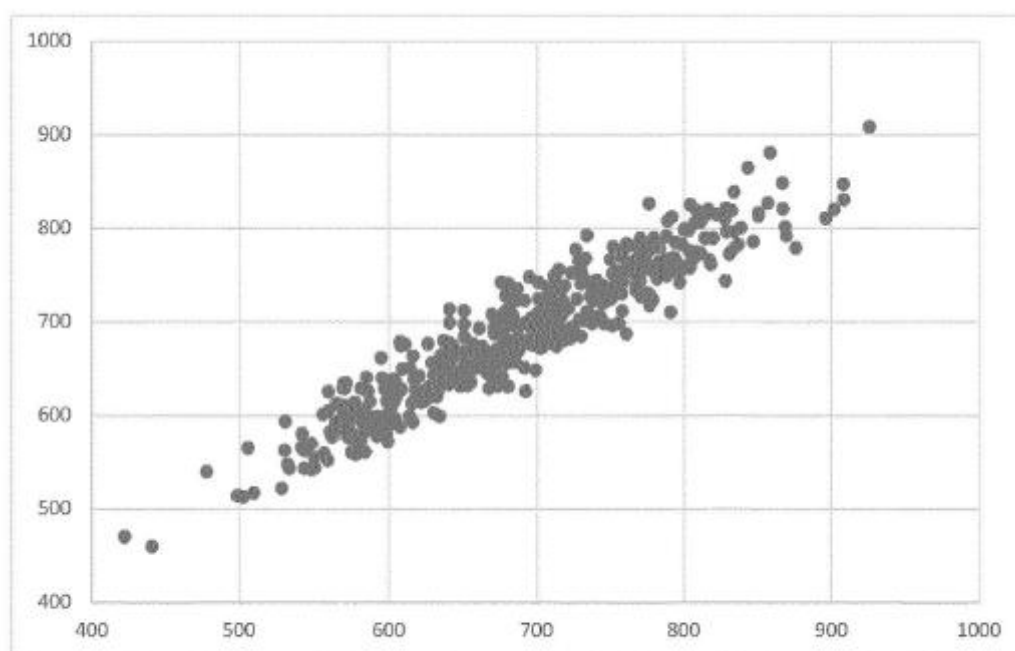


Fig. 15