

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
"ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"

Дерев'янченко Борис Ігоревич

УДК 681.5: 631.372

МОДЕЛІ, МЕТОДИ ТА ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ В УПРАВЛІННІ РОЗВИТКОМ
ВИРОБНИЦТВА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ТРАКТОРІВ

05.13.06 – Автоматизовані системи управління та прогресивні інформаційні технології

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків - 2001

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Інституті машин і систем Державного комітету промислової політики та Національної академії наук України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, доцент
Кононенко Ігор Володимирович,
Національний технічний університет
"Харківський політехнічний інститут",
завідувач кафедри стратегічного
управління

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор Раскін Лев Григорович, професор кафедри економічної кібернетики та маркетингового менеджменту Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут";

кандидат технічних наук, доцент Малєєва Ольга Володимирівна, докторант кафедри інформаційних систем Національного аерокосмічного університету ім. М.Є.Жуковського "Харківський авіаційний інститут".

Провідна установа:

Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут",
кафедра автоматизованих систем обробки інформації та управління, Міністерство освіти і науки України, м. Київ.

Захист відбудеться " 15 " березня 2001 р. о 14-30 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д. 64.050.07 у Національному технічному університеті "Харківський політехнічний інститут" за адресою: 61002, м. Харків-2, вул. Фрунзе, 21.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут".

Автореферат розісланий " 13 " лютого 2001 р.

Вчений секретар

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

У результаті переходу України до ринкових принципів господарювання зросли вимоги до якості управління розвитком галузей та окремих підприємств. Для досягнення успіху в конкурентній боротьбі керівники підприємств повинні ширше застосовувати у своїй роботі автоматизовані системи управління розвитком виробництв (АСУР). Це дозволить їм більш ефективно використовувати можливості сучасних методів управління, значною мірою компенсує недостатній рівень кваліфікації менеджерів.

Сільськогосподарське тракторобудування належить до найважливіших галузей промисловості України, тому задача розробки автоматизованої системи управління його розвитком є актуальною.

Вихідними даними для роботи стали відомі функціональні структури АСУР виробничо-економічних систем (ВЕС), методи прогнозування, оптимізації, інформаційні технології, дані про стан і перспективи розвитку тракторобудування, про використання його продукції в сільському господарстві України.

Актуальність дослідження. Обсяги виробництва тракторів у країні за останні роки значно скоротилися, а існуючий парк цих машин дуже зношений. Для виходу з цієї ситуації необхідно підвищити ефективність рішень, які приймаються щодо розвитку виробництва сільськогосподарських тракторів в Україні. Вирішити дану проблему можна шляхом створення АСУР виробництва сільськогосподарських тракторів, для чого, у свою чергу, необхідно розробити моделі і методи розв'язання задач, які на цей час вирішуються або занадто суб'єктивно, або із залученням недостатньо адекватних моделей і методів, запропонувати інформаційну технологію у межах автоматизованої системи.

Визначальним при формуванні стратегії розвитку тракторобудування є прогнозування обсягів продажу та обсягів виробництва тракторів. Україна – молода держава, внаслідок цього статистична інформація про основні соціально-економічні процеси є доступною тільки за короткий проміжок часу, що суттєво ускладнює задачі прогнозування. Розвиток математичної статистики дає можливість розробляти нові методи розв'язання таких задач.

Другою ключовою задачею є оптимізація типорозмірного ряду (ТР) сільськогосподарських тракторів для умов України. Ця задача характеризується наявністю невизначеної вихідної інформації, що вимагає створення відповідних моделей і методів. Для її розв'язання необхідно вміти оцінювати технологічну потребу в тракторах, що потребує розробки відповідної інформаційної технології.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертація виконувалася в межах наступних госпдоговірних тем: "Розробка науково-обґрунтованих пропозицій щодо

формування і реалізації державної науково-технічної політики Мінмашпрому в галузі тракторобудування", РК № 0193U043978, "Розробка і реалізація методики аналізу ефективності цільових комплексних програм та наукове обґрунтування пріоритетів у галузі машинобудування", РК № 0195U016977, "Розробка Концепції Міністерства щодо стратегії формування і розвитку основних галузей машинобудівного і військово-промислового комплексу України", РК № 197U000556. Ці роботи виконано Інститутом машин і систем (ІМіС) Держпромполітики та Національної академії наук України на замовлення Мінмашпрому України, а потім Мінпромполітики України.

Мета і задачі дослідження. Метою даної роботи є підвищення ефективності управління розвитком виробництва сільськогосподарських тракторів шляхом розробки моделей, методів розв'язання задач прогнозування попиту та обсягів виробництва продукції, оптимізації її типу, інформаційної технології оцінювання потреби у сільськогосподарських тракторах для АСУР виробництва цих машин. Для досягнення цієї мети необхідно вирішити наступні задачі:

- розробити метод для розв'язання задач прогнозування нестационарних випадкових процесів у ситуаціях, коли кількість спостережень мала (5-30), а повторні реалізації процесів неможливі. Провести чисельне дослідження і порівняти точність прогнозів, одержаних за допомогою запропонованого методу і методу, який широко застосовується на практиці;

- розробити модель динамічної задачі оптимізації ТР виробів при послідовному обслуговуванні заявок, яка враховує невизначений характер вихідної інформації. Розробити метод розв'язання цієї задачі;

- розробити інформаційну технологію оцінювання потреби в сільськогосподарських тракторах, яка поєднує бази даних про моделі тракторів, знарядь, про основні сільськогосподарські культури, які вирощуються в Україні, технології їх вирощування, алгоритми обробки інформації;

- розробити функціональну структуру АСУР виробництва сільсько-господарських тракторів з урахуванням специфічних особливостей цієї галузі;

- побудувати прогнози обсягів виробництва сільськогосподарських тракторів в Україні;

- визначити раціональний ТР сільськогосподарських тракторів, які необхідні для вирощування сільськогосподарських культур, що мають першочергове значення для народного господарства України;

- провести аналіз стійкості раціонального ТР до змін вихідних даних;

- проаналізувати розрив між раціональним типом тракторів для умов України і прогнозами обсягів їх випуску.

Об'єктом дослідження є процес автоматизованого управління розвитком ВЕС, задачі прогнозування техніко-економічних показників і оптимізації ТР виробів.

Предметом дослідження є моделі і методи прогнозування техніко-економічних показників, оптимізації ТР виробів, інформаційні технології визначення потреби в сільськогосподарських тракторах, функціональні структури АСУР ВЕС.

Методи дослідження: програмно-цільовий метод управління, метод прогнозування, що використовує зовнішній критерій і бутстреп-оцінювання, методи бульової і нечіткої оптимізації.

Наукова новизна отриманих результатів. У дисертаційній роботі отримано наступні результати, що мають наукову новизну:

- вперше розроблено метод прогнозування нестационарних випадкових процесів з використанням бутстреп-оцінювання, який відрізняється від існуючих тим, що вибір структури моделі проводиться за допомогою зовнішнього критерію на останній точці вихідної вибірки та вибірок, отриманих за допомогою бутстреп-методу. Проведено дослідження прогнозуючих властивостей методу на чисельних і реальних прикладах;

- вперше розроблено математичну модель динамічної задачі оптимізації ТР виробів при послідовному обслуговуванні заявок з алгоритмічною цільовою функцією, з аналітичними і алгоритмічними обмеженнями, у тому числі нечіткими;

- вперше розроблено метод оптимізації ТР виробів при послідовному обслуговуванні заявок і нечітко заданих обмеженнях, який відрізняється тим, що в процедурі неявного перебору сумарні витрати на обслуговування заявок обчислюються таким чином, що при розгляді кожної заявки враховуються витрати на виробництво тільки відсутньої кількості виробів. Для врахування обмежень, праві частини яких задані нечітко, запропоновано спосіб нормування цільової функції і функцій приналежності нечітких чисел, який дозволяє застосовувати відомий метод максимізації звичайної цільової функції на нечіткій множині допустимих альтернатив;

- знайшла подальший розвиток інформаційна технологія оцінювання потреби в сільськогосподарських тракторах у частині комплексного врахування факторів, що впливають, і більшого рівня автоматизації процесу підготовки інформації.

Практичне значення отриманих результатів. Практичне значення результатів даної роботи полягає в наступному:

- АСУР виробництва сільськогосподарських тракторів, яку створено на основі розроблених у дисертації математичного та інформаційного забезпечення підсистем прогнозування й оптимізації типу виробів, функціональної структури, використовувалася в ІМіС для розробки науково-обґрунтованих пропозицій щодо формування і реалізації стратегії розвитку тракторобудування в Україні;

- розроблений метод прогнозування нестационарних випадкових процесів застосовувався в ІМіС для прогнозування обсягів виробництва тракторів, вантажних і легкових автомобілів, автобусів і підшипників кочіння в Україні.

Результати роботи впроваджено в Міністерстві промислової політики України при прийнятті рішень щодо організації виробництва перспективних моделей тракторів та ефективної кооперації з іноземними фірмами.

Застосування АСУР виробництва сільськогосподарських тракторів допоможе керівникам підприємств - виробників цих машин приймати більш ефективні управлінські рішення, що сприятиме збільшенню прибутків таких підприємств.

Розроблені математичне та інформаційне забезпечення підсистем прогнозування та оптимізації типуажу виробів, функціональна структура АСУР виробництва сільськогосподарських тракторів можуть бути застосовані для розв'язання аналогічних задач в інших галузях промисловості.

Особистий внесок здобувача. У роботах [1,4] здобувачем запропоновано метод прогнозування нестационарних випадкових процесів з використанням бутстреп-оцінювання, проведено дослідження запропонованого методу. У роботі [2] створено інформаційну технологію оцінювання потреби в сільськогосподарських тракторах, запропоновано математичну модель динамічної задачі оптимізації типуажу продукції, призначеної для послідовного обслуговування заявок, при нечіткій вихідній інформації, створено метод і вирішено зазначену задачу. У роботах [3,5-7] розроблено методику прогнозування обсягів продажу та обсягів виробництва сільськогосподарських тракторів, виконано прогнози обсягів продажу та обсягів виробництва тракторів. У роботі [8] розроблено функціональну структуру АСУР виробництва сільськогосподарських тракторів.

Апробація результатів дисертації. Результати дисертації обговорювалися на наступних наукових конференціях і семінарах: міжнародних науково-технічних конференціях "Приладобудування-97", "Приладобудування-98", "Приладобудування-99", міжнародній науково-технічній конференції "Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я", Харків, Мішкольц, 1995 р.; міжнародному науково-технічному семінарі "Теоретичні і прикладні проблеми моделювання прикметних галузей в системах баз даних та знань", Рибаче, 1994 р.

Публікації. Результати дисертації опубліковано у 8 працях: 3 статті у виданнях, що увійшли до переліку ВАК України, і 5 статей у збірниках праць наукових конференцій.

Структура дисертації. Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та одного додатку. Повний обсяг дисертації становить 180 сторінок, 22 рисунки, 38 таблиць, 20 окремих сторінок займають рисунки та таблиці, один додаток на 6 сторінках, список використаних джерел, що включає 141 найменування та займає 13 сторінок.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність завдання, сформульовано мету та задачі дослідження, розкрито наукову і практичну цінність отриманих результатів.

У **першому розділі** проведено аналіз існуючих підходів до автоматизованого управління розвитком виробництва продукції, розглянуто методи прогнозування процесів при малій кількості спостережень, моделі і методи оптимізації типорозмірних рядів виробів. Сформульовано мету і задачі дослідження.

Визначено, що для автоматизації управління розвитком виробництва сільськогосподарських тракторів доцільно застосувати теорію автоматизованого управління розвитком ВЕС. За цією теорією, ключовими задачами процесу управління розвитком виробництва продукції є прогнозування обсягів попиту та обсягів виробництва продукції, оптимізація її типу. Але моделі і методи, які застосовуються для розв'язання цих задач, мають бути вдосконалені.

Проведено аналіз методів прогнозування, який показав, що перспективним напрямком розв'язання зазначених задач є використання зовнішніх критеріїв і бутстреп-оцінювання. На підставі аналізу зроблено висновок, що існуючі моделі та методи оптимізації ТР виробів мають бути вдосконалені шляхом використання в них алгоритмічних цільових функцій та обмежень і врахування невизначеної вихідної інформації. Розв'язання задачі оптимізації типу сільськогосподарських тракторів вимагає обробки великої кількості інформації з багатьох джерел. Поставлено задачу розробки інформаційної технології оцінювання потреби в цих машинах при виконанні робіт з вирощування сільськогосподарських культур.

У **другому розділі** автоматизоване управління розвитком виробництва сільськогосподарських тракторів запропоновано здійснювати шляхом розв'язання наступних задач:

- прогнозування попиту на сільськогосподарські трактори і технологічної потреби в них. Технологічну потребу запропоновано визначати на основі інформації про існуючі та перспективні моделі сільськогосподарських тракторів, знярядь, технології вирощування сільськогосподарських культур, посівні площі, а також структурні зміни, що відбуваються в сільському господарстві України, розміри полів основних учасників виробництва сільськогосподарської продукції;

- прогнозування розвитку сільськогосподарських тракторів;
- прогнозування цін на основні види ресурсів;
- прогнозування розвитку технологій і технологічного обладнання;
- прогнозування виробничих можливостей підприємств;
- розробка сценаріїв перспективного ринку сільськогосподарських тракторів;

- формування цілей і критеріїв розвитку виробництва;
- формування раціонального типуажу сільськогосподарських тракторів;
- розробка пропозицій щодо розміщення і розвитку виробництва сільськогосподарських тракторів на підприємствах України;
- формування пропозицій щодо раціональної спеціалізації і кооперації з іноземними фірмами;
- розробка інвестиційних проектів і бізнес-планів;
- розробка цільових комплексних програм;
- облік, контроль, аналіз виконання планів і програм.

Запропоновано логіко-інформаційні зв'язки цих задач. Розроблено функціональну структуру АСУР виробництва сільськогосподарських тракторів, яка враховує специфічні особливості тракторобудування.

Третій розділ присвячено розробці математичного забезпечення підсистем прогнозування та оптимізації типуажу виробів для АСУР виробництва сільськогосподарських тракторів.

Управління розвитком виробництва продукції вимагає розробки прогнозів техніко-економічних характеристик зовнішнього і внутрішнього середовища системи, що аналізується. Прогнозування таких характеристик належить до надто складних задач. Процеси, що спостерігаються, часто описуються нестационарними випадковими процесами, які мають математичне очікування, що змінюється за часом, а досліднику, як правило, доступною є тільки незначна кількість точок ретроспективи (5-30). Для розв'язання задач побудови прогнозуючих моделей доцільно застосовувати зовнішній критерій. При цьому пропонується використовувати таку розбивку вихідної вибірки, при якій останнє спостереження включається в перевірочну вибірку, а інші – у навчаючу. Це обумовлено тим, що останнє спостереження є найбільш інформативним для прогнозування. Специфічною особливістю розглянутих задач є неможливість повторення процесів за тих самих умов. Використання багаторазових спостережень часового ряду дозволило б збільшити адекватність обраної прогнозуючої моделі. У зв'язку з цим для розв'язання зазначених задач ефективним є застосування ідеї бутстреп-оцінювання.

Запропоновано метод прогнозування нестационарних випадкових процесів зазначеного класу, який базується на використанні зовнішнього критерію та ідеї методу бутстреп-оцінювання. Перейдемо до його розгляду.

Дані, що включають ретроспективну інформацію, подаються у вигляді матриці q – де q – число значущих змінних, яке включає і змінну, що прогнозується; n – обсяг передісторії; v – вектор значень змінної, що прогнозується. Задано список моделей, що за припущенням можуть входити в підсумкову прогнозуючу модель. З них формуються лінійні комбінації у вигляді сполучень по

1,2,...,M моделей, які утворюють множину моделей, що пробуються. Для кожної моделі з цієї множини проводиться оцінювання її придатності для прогнозування.

Припустимо, де L – номер моделі в множині моделей, що пробуються. Нехай для опису процесу, який спостерігається, використовується модель, де β – вектор незалежних змінних; γ – вектор параметрів, що оцінюються; ϵ – незалежні помилки, що мають однакову і симетричну густину імовірності,.

1. Параметри моделі оцінюємо на матриці Γ , виходячи з умови

де ρ – функція втрат; $\rho(\cdot)$. Функція втрат вибирається залежно від наявних припущень щодо помилок, які адитивно накладено на справжню модель. При цьому або $\rho(\cdot) = \epsilon^2$. Визначаємо відхилення моделі L від точок з Γ ;. Числа $bias_i$ утворюють вектор відхилень **BIAS**.

2. Розбиваємо матрицю Γ на навчачу $\Gamma_{об}$ і перевірочну $\Gamma_{пр}$ підматриці. При цьому в підматрицю $\Gamma_{об}$ включаємо перші $n-1$ стовпців матриці Γ , а в підматрицю $\Gamma_{пр}$ – n -й стовпець. На навчачій підматриці $\Gamma_{об}$ оцінюємо параметри β моделі по аналогії з п.1. У результаті одержуємо. На перевірочній підматриці обчислюємо відхилення моделі від статистики.

Покладемо $k=1$, де k – номер ітерації, у якій здійснюється бутстреп-оцінювання.

3. Випадково (з рівною імовірністю) вибираємо числа з вектора відхилень **BIAS і додаємо їх до значень L -ї моделі, параметри якої оцінено у п.1. У результаті одержуємо "нову" статистику, , яка має наступний вигляд:**

Розбиваємо отриману матрицю на i . Оцінюємо невідомі параметри, як і раніше, на. Обчислюємо відхилення моделі від:

4. Якщо, то покладемо i і переходимо до пункту 3 (де K – кількість бутстреп-ітерацій), інакше переходимо до пункту 5.

5. Визначаємо величину

6. Якщо, то покладемо i і переходимо до пункту 1 (де z – кількість моделей, що пробуються), інакше зупиняємося.

Кращою з моделей вважається та, для якої величина D^L є мінімальною.

Запропонований метод дозволяє залучати думки експертів щодо оцінки майбутніх значень процесу, який розглядається. Оцінки медіани майбутніх значень процесу і факторів вводяться в матрицю Γ та утворюють її $n+1, \dots, n+d$ стовпці. Ця інформація використовується в методі так, як і перші $n-1$ стовпців матриці Γ . Для врахування різної значущості для прогнозу фактичних даних і думок експертів параметри оцінюються з урахуванням ваги, яка надається усім видам даних.

Проведено чисельне дослідження запропонованого методу прогнозування. На основі аналізу статистичних даних, які характеризують обсяги попиту на машини, що досліджуються, було обрано вісім математичних моделей. Обчислені значення кожної з цих моделей у десятих точках, на отримані значення накладено адитивний шум, розподілений за нормальним законом, і за допомогою запропонованого методу визначено кращу прогнозуючу модель. На 1000 реалізаціях шуму проведено дослідження властивостей методу при прогнозуванні на 1, 2, 3, 5 і 10 точок. Обчислено середні значення характеристик точності й оцінено 95-відсоткові довірчі інтервали для них.

Проведено аналогічне дослідження для відомого методу *cross-validation*. За допомогою критерію порівняння середніх значень у двох нормальних сукупностях зроблено порівняння отриманих результатів. Аналіз результатів показав, що в 95 % випадків запропонований метод точніший (з довірчою імовірністю 99 %), ніж метод *cross-validation*. В інших випадках розходження несуттєве.

У більшості робіт з оптимізації TP виробів пропонуються детерміновані моделі задач. На практиці часто зустрічаються ситуації, коли використання детермінованої моделі недостатнє для адекватного опису задачі. Це пояснюється невизначеністю вихідної інформації. Визначення типу виробів для обслуговування множини заявок з мінімальними сумарними витратами протягом усього життєвого циклу виробів є основним критерієм, що використовується у таких моделях. При цьому часто немає точної інформації про кошти, які підприємство зможе виділити на освоєння виробництва продукції. Такі дані доцільно описувати за допомогою апарата нечітких множин.

Запропоновано модель динамічної задачі оптимізації типу виробів, яка враховує, з одного боку, можливість обслуговування послідовно одними й тими ж виробами різних заявок, а з іншого – нечітко задані кошти, що виділяються на розвиток виробництва ряду виробів, вимоги до завантаження виробничих потужностей підприємств та інші нечітко задані вимоги. Тривалість життєвого циклу TP виробів приймається рівною T рокам. Передбачається, що у всі роки періоду T множина заявок залишається незмінною. Під динамічністю задачі в даному випадку розуміється можливість призначення одних і тих же виробів для обслуговування заявок, що виникають послідовно протягом року. Модель цієї задачі має наступний вигляд:

(1)

,

(2)

’,’,’,

(3)

’,

’,’,

$$\dots \tag{4}$$

$$\dots \tag{5}$$

$$\dots \tag{6}$$

де m_j – кількість виробів типу i , необхідна для обслуговування заявки j , m_i , якщо виріб типу i не може бути використано для обслуговування заявки j ; m – кількість типів виробів; n – кількість заявок, якщо виріб типу i використовується для обслуговування заявки j , та n_j – у протилежному випадку; Q_i – річний обсяг виробництва виробів типу i , якщо $Q_i > 0$; C_i – витрати, пов'язані з проведенням усіх видів підготовки виробництва виробів типу i ; при $Q_i = 0$; Φ – множина, що включає типи виробів, виробництво яких підготовлене до початку періоду планування; C_{ij} – витрати, пов'язані з виробництвом одного виробу типу i ; c_{ij} – поточні витрати, пов'язані з експлуатацією виробу типу i при обслуговуванні заявки j протягом усього життєвого циклу ряду виробів; h_i – виробнича потужність підприємства по h -му типу виробів, яка оцінюється за допомогою відповідного алгоритму або імітаційної моделі; H – множина, що включає призначені для обслуговування заявок типи виробів; α_j – параметр, який оцінюється за допомогою деякого алгоритму або імітаційної моделі.

Обмеження (2) відбивають наявність у виробляючої системи коштів на усі види підготовки виробництва ряду виробів. При цьому C – кошти, що виділяються на розвиток ряду виробів. Величина C задана нечітко: $C = \{ S : S \text{ істотно не перевищує } S_1 \}$. Алгоритмічні обмеження (4) призначені для перевірки виконання різних вимог до типажу виробів, до систем, що їх виробляють та експлуатують. Праві частини таких обмежень задані нечітко за допомогою функцій приналежності.

Розглянута задача є динамічною задачею бульового математичного програмування з алгоритмічною цільовою функцією, аналітичними і алгоритмічними обмеженнями, в тому числі нечіткими. Для її розв'язання запропоновано метод, що належить до методів неявного перебору і ґрунтується на використанні методу максимізації звичайної цільової функції на нечіткій множині допустимих альтернатив. Його ідея полягає в нормуванні цільової функції, функцій приналежності та наступному застосуванні підходу Белмана-Заде. Нормування цільової функції, що мінімізується, запропоновано здійснювати в такий спосіб:

$$f_i = \frac{f_i - \min_i f_i}{\max_i f_i - \min_i f_i}$$

де $\min_i f_i$ – відповідно нормоване значення і нижня межа цільової функції. При цьому, оскільки доведено, що $\min_i f_i = 0$. Спосіб обчислення нижньої межі доведено. Значення функцій приналежності μ_i , пропонується брати зі знаком мінус. Тоді оптимальне рішення задачі шукається у вигляді

$$X = \{ x : x \in X, f(x) = \max_{x \in X} f(x) \}$$

де X – допустима ділянка рішень.

Проведено дослідження залежності часу розв'язання задач за допомогою запропонованого методу від їх розмірності. На персональному комп'ютері з процесором *AMD K6-2-333* розв'язано більше 2000 задач, у яких кількість виробів становила 19, а кількість заявок – від 9 до 17. Тривалість розв'язання складала від 7 до 18088 секунд.

У **четвертому розділі** за допомогою запропонованого методу вирішено задачу прогнозування обсягів виробництва тракторів в Україні, розроблено інформаційну технологію оцінювання потреби в сільськогосподарських тракторах, за допомогою розроблених моделі і методу розв'язано задачу оптимізації типу тракторів для використання в умовах України, проведено дослідження стійкості отриманих результатів до зміни витрат на виробництво тракторів, знайдено оптимальний типаж сільськогосподарських тракторів при вирощуванні цукрових буряків з урахуванням нечітко заданих витрат на організацію виробництва.

Показано, що для прогнозування обсягів виробництва тракторів в Україні доцільно скористатися накопиченою інформацією про процеси, що відбувалися, або будуть відбуватися на ринку сільгоспмашин США. У цій країні розробляються прогнози обсягів продажу сільськогосподарських тракторів, що дозволяє порівняти з ними прогнози, отримані за допомогою розробленого методу. Тому перед розв'язанням задачі прогнозування платоспроможного попиту на трактори в Україні проаналізовано і спрогнозовано обсяги продажу тракторів у США.

Як вихідні використовувалися дані про обсяги продажу тракторів з потужністю двигуна менше, ніж 40 к.с., більше, ніж 40 к.с. та повнопривідних моделей протягом 1986-1997 років, а також такі фактори, як ціна нафти на світовому ринку, зростання ВВП, величина відсоткових ставок, прибуток фермерів.

Для вибору кращої комбінації моделей, що описують обсяги продажу тракторів в окремих сегментах ринку і сумарні обсяги продажу, скористалися критерієм балансу змінних, який має наступний вигляд:

де \bar{y} – значення моделі, що прогнозує загальні обсяги продажу; y_i – значення моделей, що прогнозують обсяги продажу тракторів у кожному з сегментів ринку, n – кількість точок, на яких обчислюється значення критерію балансу змінних.

Для з'ясування якості запропонованого методу розв'язано тестову задачу прогнозування обсягів продажу тракторів для 1995-1997 років. Помилки отриманих прогнозів відносно статистичних даних склали від 5,3 до 26 %.

Розв'язано задачу прогнозування обсягів продажу тракторів у США на 1998-2000 роки. Проведено порівняння отриманих прогнозів з прогнозами, розробленими Інститутом виробників обладнання (США). Це порівняння показало, що у 62,5 % випадків прогнози, розроблені за допомогою запропонованого методу, точніші. При цьому слід врахувати, що американські фахівці

в галузі прогнозування добре знають тенденції, які сформувалися в економіці США, і мають суттєво більш повну статистичну інформацію.

Досвід, накопичений під час розв'язання цієї задачі, дав можливість перейти до прогнозування обсягів виробництва тракторів в Україні, або обсягів продажу тракторів, що виробляються.

Як вихідна використовувалася інформація про зміну обсягів виробництва сільськогосподарських тракторів в Україні за період з 1990 по 1997 роки. Визначено основні фактори, що впливають на обсяги виробництва тракторів в Україні. Прогнозні обсяги виробництва тракторів в Україні склали: 5 тис. шт. – у 1998 та 1999 роках; 4,9 тис. шт. – у 2000 та 2001 роках; 5,2 тис. шт. – у 2002 році. Проведено порівняння отриманих прогнозів з реалізованими фактичними значеннями обсягів виробництва, які склали у 1998 р. – 3,2 тис. шт. і в 1999 – 5 тис. шт. Помилка прогнозу для 1998 р., яка дорівнює 56 %, пояснюється економічною кризою в Росії в серпні цього року та її впливом на економіку України. Прогноз на 1999 р. виявився абсолютно точним.

Сформульовано задачу оптимізації типажу сільськогосподарських тракторів для використання в умовах України. Показано, що вона може бути вирішена для кожної польової культури окремо з урахуванням усієї посівної площі, зайнятої під нею в Україні.

Задачу вирішено для таких культур, як пшениця озима, кукурудза на силос, люцерна, ячмінь яровий, картопля, соняшник, цукрові буряки, кукурудза на зерно, горох, на частку яких приходилося в 1997 році близько 75 % усіх посівних площ України. Створено базу даних з технологій вирощування цих культур.

Розроблено бази даних з існуючих і перспективних виробів світового тракторобудування, сільськогосподарських знарядь. Визначено параметри тракторів і знарядь, які необхідно враховувати при розв'язанні задачі.

Створено інформаційну технологію оцінювання потреби в тракторах, необхідних для виконання польових робіт. *UML*-діаграму інформаційної технології наведено на рис. 1. Основними її складовими є алгоритм визначення технологічної потреби в сільськогосподарських тракторах, за допомогою якого формується матриця призначень, та алгоритм визначення витрат на експлуатацію тракторів.

За допомогою розроблених моделі, методу й інформаційної технології розв'язано задачу оптимізації типажу тракторів, призначених для вирощування основних сільськогосподарських культур в Україні. Аналіз результатів (рис. 2) показує, що використання тракторів ХТЗ-17021 і ХТЗ-17221 виробництва ВАТ "ХТЗ" є раціональним в умовах України. Виробникам тракторів необхідно приділяти більше уваги підвищенню конкурентоспроможності машин класу 1,4 та доробці трактора ХТЗ-100.

Загальні витрати на виробництво та експлуатацію тракторів, що відповідають оптимальному розв'язку, складають 48,619 млрд грн. При використанні машин, які у наш час експлуатуються сільськогосподарськими підприємствами, ця величина становить 75,165 млрд грн. Таким чином, економічний ефект від використання отриманого типажу тракторів порівняно з існуючим становить 26,546 млрд грн.

Проведено дослідження стійкості оптимального розв'язку задачі визначення ТР тракторів, призначених для вирощування пшениці, до зміни витрат на виробництво. Кількість розв'язків, що збігаються з оптимальним, при зміні витрат на виробництво на 5 % склала 80 %, а при зміні витрат на виробництво на 50 % – 20 %. Відносне відхилення значення цільової функції від оптимального при зміні витрат на 50 % склало 18,4 %.

Розв'язано нечітку задачу оптимізації типажу сільськогосподарських тракторів, призначених для вирощування цукрових буряків в Україні. Для того, щоб розпочати випуск трактора ХТЗ-100, однією з основних сфер застосування якого є вирощування цукрових буряків, необхідно витратити певні кошти. Експертами ВАТ “ХТЗ” задано залежність необхідних витрат на розвиток виробництва від річного обсягу випуску тракторів. Евристично визначено нечітку величину коштів, які можуть бути виділені на розвиток виробництва ХТЗ-100.

У результаті чисельних експериментів було встановлено, що даний трактор увійде в оптимальний типаж, якщо його коефіцієнт готовності буде підвищено до значення 0,91. Необхідна для виконання операцій з вирощування цукрових буряків в Україні кількість цих тракторів дорівнює 16,6 тис. шт. Зважаючи на те, що термін служби трактора становить приблизно 10 років, необхідно випускати 1600-1700 машин на рік. Для організації виробництва даної кількості тракторів потрібно близько 100 млн. грн. Такі кошти можуть бути виділені зі ступенем приналежності, який дорівнює 0,8. Це визначає ступінь ризику при виборі даної стратегії розвитку виробництва.

Рис. 2 Раціональний типаж тракторів для умов України

Прогнози обсягів виробництва сільськогосподарських тракторів в Україні і результати оптимізації типуажу сільськогосподарських тракторів, призначених для використання в умовах України, свідчать про існування розриву між річними обсягами виробництва і річною потребою сільського господарства в цих машинах. Так, оптимальний типаж нараховує 253,5 тис. тракторів українського виробництва. Це означає, що в Україні необхідно виробляти (і, відповідно, продавати) близько 25 тис. тракторів на рік, разом з тим прогнозне значення цього показника на період до 2002 року не перевищує 5,2 тис. шт. Збереження такої ситуації веде до подальшого скорочення парку тракторів і, як наслідок, до зменшення доходів сільськогосподарських підприємств. Державі необхідно вживати відповідних заходів щодо підвищення обсягів продажу тракторів вітчизняного виробництва.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі виконано актуальне наукове завдання розробки моделей, методів розв'язання задач прогнозування обсягів попиту та обсягів виробництва продукції, оптимізації її типуажу, інформаційної технології оцінювання потреби у сільськогосподарських тракторах для АСУР виробництва цих машин. Це завдання має велике значення для створення і впровадження АСУР на вітчизняних підприємствах. Результати роботи впроваджено в Міністерстві промислової політики України та Інституті машин і систем. Зокрема, було вирішено наступні задачі:

1. Виконано аналіз існуючих підходів до розв'язання задачі автоматизації управління розвитком підприємств. Показано, що для автоматизації управління розвитком сільськогосподарських тракторів необхідно розробити моделі і методи прогнозування попиту та

обсягів виробництва продукції, оптимізації її типу, створити інформаційну технологію оцінювання потреби у сільськогосподарських тракторах та функціональну структуру АСУР їх виробництва.

2. Вперше запропоновано метод прогнозування нестационарних випадкових процесів, який використовує бутстреп-оцінювання і зовнішній критерій. Метод дозволяє розробляти коротко- і середньострокові прогнози на основі вибірок малого обсягу. Проведено чисельне дослідження методу, а також порівняння його з методом *cross-validation*. Результати порівняння показали, що запропонований метод є значимо точнішим.

3. Вперше запропоновано математичну модель динамічної задачі оптимізації типу продукції при послідовному обслуговуванні заявок з нечіткими обмеженнями. Модель містить алгоритмічну цільову функцію, аналітичні й алгоритмічні обмеження. Праві частини обмежень можуть бути задані нечітко. Модель більш адекватно описує реальні процеси виробництва та експлуатації продукції, ніж існуючі.

4. Вперше розроблено метод розв'язання цієї задачі, який належить до методів неявного перебору. Для пошуку оптимального рішення при наявності нечітких обмежень запропоновано спосіб нормування цільової функції і функції приналежності.

5. Розроблено інформаційну технологію оцінювання потреби в сільськогосподарських тракторах при виконанні польових робіт. На відміну від існуючих, запропонована інформаційна технологія більш повно враховує дані макроекономічних прогнозів, відомості про технології вирощування сільськогосподарських культур, трактори, знаряддя, площі полів.

6. Розроблено функціональну структуру АСУР виробництва сільсько-господарських тракторів. Ця система є досить універсальною і може використуватися для розв'язання аналогічних задач в інших галузях промисловості.

7. За допомогою запропонованого методу прогнозування розроблено прогноз обсягів виробництва тракторів в Україні на 1998-2002 роки.

8. Визначено раціональний тип тракторів для використання в умовах України при вирощуванні основних сільськогосподарських культур.

9. На прикладі озимої пшениці проведено аналіз стійкості отриманих результатів до змін витрат на виробництво тракторів. Результати аналізу показали, що оптимальний тип тракторів стійкий до зміни цього показника на 10 %.

10. Розв'язано задачу оптимізації ТР тракторів для умов України при вирощуванні цукрових буряків з урахуванням нечіткої вихідної інформації про кошти, що можуть бути виділені на організацію виробництва трактора ХТЗ-100.

11. Проаналізовано розрив між раціональним типом тракторів і прогнозами обсягів їх випуску, запропоновано заходи щодо його усунення.

12. Вірогідність результатів роботи підтверджується строгим виводом математичних співвідношень, статистичною значущістю результатів чисельних досліджень, високою точністю прогнозів реальних процесів, для яких відомі дійсні значення, відповідністю результатів розв'язання задачі оптимізації ТР тракторів основним тенденціям у розвитку попиту, що склався на вітчизняному ринку.

13. Запропоновані моделі і методи дозволяють розв'язувати задачі прогнозування попиту, обсягів виробництва продукції та оптимізації її типу в інших галузях промисловості.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ З ТЕМИ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Кононенко И.В., Деревянченко Б.И. Исследование алгоритма прогнози-рования нестационарных случайных процессов с использованием бутстреп-оценивания // Проблемы управления и информатики. – 1995. – № 2. – С. 88-92.

2. Кононенко И.В., Деревянченко Б.И. Разработка и реализация компьютеризированной методики прогнозирования объемов продаж сельскохозяйственных тракторов // Системный анализ, управление и информационные технологии: Вестник Харьковского государственного политехнического университета. Выпуск 57. – Харьков: ХГПУ. – 1999. – С. 72-75.

3. Кононенко И.В., Деревянченко Б.И. Оптимизация типажа продукции, предназначенной для последовательного обслуживания заявок, при нечеткой исходной информации // Системный анализ, управление и информационные технологии: Вестник Харьковского государственного политехнического университета. Выпуск 73. – Харьков: ХГПУ. – 1999. – С. 84-88.

4. Деревянченко Б.И., Ефременко И.Н., Кононенко И.В. Подсистема прогнозирования в автоматизированной системе управления развитием предприятия // Тез. докл. III-го Международн. науч.-техн. семинара "Теоретические и прикладные проблемы моделирования предметных областей в системах баз данных и знаний". – Киев: *Concept Ltd.* – 1994. – С. 38-41.

5. Кононенко И.В., Деревянченко Б.И. Прогнозирование спроса на сельско-хозяйственные тракторы // Сборник трудов международн. науч.-техн. конф. "Приборостроение-98". – Винница-Симферополь. – 1998. – С. 29.

6. Кононенко И.В., Деревянченко Б.И. Методика прогнозирования развития машин и систем // Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье: Материалы международн. науч.-техн. конф. – Харьков, Мишкольц: ХГПУ, МУ. – 1995. – С. 117.

7. Кононенко И.В., Деревянченко Б.И. Прогноз объемов производства тракторов в Украине // Труды филиала МГТУ им. Н.Э. Баумана в г. Калуге. Специальный выпуск: Материалы международн. науч.-техн. конф. "Приборостроение-99". – Калуга: Изд. Н. Бочкаревой. – 1999. – С. 90-93.

8. Кононенко І.В., Умерова Н.Л., Рєпіна С.В., Єфременко І.М., Пономарьов О.С., Дерев'янченко Б.І. Автоматизована система управління розвитком тракторо-будування // Приложение к Всеукраинскому науч.-техн. журналу "Вибрации в технике и технологиях". Сборник трудов международн. науч.-техн. конф. "Приборостроение-97". – Часть 1. – 1997. – С. 184-187.

АНОТАЦІЯ

Дерев'янченко Б.І. Моделі, методи та інформаційна технологія в управлінні розвитком виробництва сільськогосподарських тракторів. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – автоматизовані системи управління та прогресивні інформаційні технології. – Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", Харків, 2001.

У дисертації розроблено функціональну структуру автоматизованої системи управління розвитком виробництва сільськогосподарських тракторів. Запропоновано метод прогнозування нестационарних випадкових процесів із застосуванням бутстреп-оцінювання, який дозволяє розробляти коротко- та середньострокові прогнози. Запропоновано математичну модель динамічної задачі оптимізації типу продукції при послідовному обслуговуванні заявок з нечіткими обмеженнями, а також метод її розв'язання, що належить до методів неявного перебору. Модель містить алгоритмічну цільову функцію, аналітичні та алгоритмічні обмеження. Праві частини обмежень можуть бути задані нечітко. Створено інформаційну технологію оцінювання потреб у сільськогосподарських тракторах.

Розроблено прогноз обсягів виробництва тракторів в Україні. Розв'язано задачу оптимізації типорозмірного ряду тракторів для використання в умовах України. Проведено аналіз стійкості отриманих результатів до змін витрат на виробництво тракторів.

Ключові слова: автоматизована система управління, прогнозування, метод, типорозмірний ряд, математична модель, оптимізація, інформаційна технологія, сільськогосподарський трактор.

АННОТАЦИЯ

Дерев'янченко Б.И. Модели, методы и информационная технология в управлении развитием производства сельскохозяйственных тракторов. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – автоматизированные системы управления и прогрессивные информационные технологии. – Национальный технический университет "Харьковский политехнический институт", Харьков, 2001.

В диссертации разработана функциональная структура автоматизированной системы управления развитием производства сельскохозяйственных тракторов. Предложен метод прогнозирования нестационарных случайных процессов с использованием бутстреп-оценивания, позволяющий разрабатывать кратко- и среднесрочные прогнозы. Проведено численное исследование этого метода и сравнение его с методом *cross-validation*. Результаты сравнения показали, что предложенный метод значимо точнее на периоде упреждения прогноза, чем метод *cross-validation*. Предложена математическая модель динамической задачи оптимизации типажа изделий при последовательном обслуживании заявок с нечеткими ограничениями, а также метод ее решения, относящийся к методам неявного перебора. Модель содержит алгоритмическую целевую функцию, аналитические и алгоритмические ограничения. Правые части ограничений могут быть заданы нечетко. Для поиска оптимального решения при наличии нечеткой исходной информации предложен метод, основанный на подходе Беллмана-Заде.

Рассмотрена задача прогнозирования объемов производства тракторов в Украине. Неполнота статистической информации об объемах продаж этих машин в Украине, а также короткий период основания прогноза привели к необходимости изучать процессы, происходящие на рынке тракторов, на примере США, так как эта страна является экономически развитой и в ней много внимания уделяется сбору и распространению статистической информации. Проанализирована статистическая и прогнозная информация о факторах, влияющих на объемы продаж сельскохозяйственных тракторов. На основании ее разработан прогноз объемов продаж в США на 1998-2000 годы. Показано, что точность прогнозов, выполненных предложенным методом, выше, чем точность прогнозов Института производителей оборудования (США). Информация, полученная в результате решения задачи на примере США, использована для прогнозирования объемов производства тракторов в Украине. Разработаны прогнозы этой величины на 1998-2002 годы.

Созданы базы данных, содержащие информацию о выпускаемых и перспективных изделиях мирового тракторостроения, сельскохозяйственных орудиях, технологиях возделывания сельскохозяйственных культур. Эта информация применена для определения исходного списка тракторов, используемого при оптимизации их типажа для условий Украины.

Разработана информационная технология оценивания технологической потребности в сельскохозяйственных тракторах при выполнении работ по возделыванию сельскохозяйственных культур.

Определен рациональный типоразмерный ряд тракторов для использования в условиях Украины при возделывании озимой пшеницы, ячменя ярового, подсолнечника, сахарной свеклы, картофеля, кукурузы на зерно, кукурузы на силос, гороха и люцерны на сено, занимающих более 75 % всех посевных площадей Украины.

Проведен анализ устойчивости полученных результатов к изменениям затрат на производство тракторов.

Построен оптимальный типоразмерный ряд тракторов для использования в условиях Украины при возделывании сахарной свеклы с учетом нечеткой исходной информации о финансовых средствах, которые могут быть выделены на организацию производства трактора ХТЗ-100.

Ключевые слова: автоматизированная система управления, прогнозирование, метод, типоразмерный ряд, математическая модель, оптимизация, информационная технология, сельскохозяйственный трактор.

ABSTRACT

Derevyanchenko B.I. Models, methods and information technology in management of agricultural tractors production development. – Manuscript.

The Dissertation for a candidate degree by specialty 05.13.06 – computer aided systems and progressive information technologies. – National Technical University "Kharkiv Polytechnical Institute", Kharkiv, 2001.

In the dissertation the functional structure of computer aided system of agricultural tractors production development has been created. The method for short and middle term forecasting of non-stationary processes has been proposed. The method uses bootstrap-estimation idea. The mathematical model of optimization problem of dynamic standard size series of products in case of consequent requests servicing with fuzzy restrictions and method for its solving have been proposed. The method based on implicit enumeration idea. The model contains algorithmic aim function, analytical and algorithmic restrictions. Right parts of restrictions can be given as fuzzy.

The information technology for estimation of technological demand in agricultural tractors has been developed.

The forecast of tractors production volume in Ukraine has been developed.

The problem of agricultural tractors standard size series optimization has been solved. The analysis of results robustness to changes in initial data has been conducted.

Keywords: computer aided system, forecasting, method, standard size series, mathematic model, optimization, information technology, agricultural tractor.