

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Байас Сампедро Марсія Марісоль

УДК 658.512.6

**ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ КООРДИНАЦІЇ РІШЕНЬ
ЛОКАЛЬНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ В ПАРАЛЕЛЬНИХ
ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ**

05.13.06 – інформаційні технології

Автореферат

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Вінниця - 2015

Дисертацією є рукопис.

Роботу виконано у Вінницькому національному технічному університеті Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник:

доктор технічних наук, професор
Дубовой Володимир Михайлович,
Вінницький національний технічний університет,
завідувач кафедри комп'ютерних систем управління.

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор
Ладанюк Анатолій Петрович,
Національний університет харчових технологій,
м. Київ,
завідувач кафедри автоматизації процесів управління,

кандидат технічних наук, доцент
Оксанич Ірина Григорівна,
Кременчуцький національний університет
імені Михайла Остроградського,
доцент кафедри інформаційно-управляючих систем.

Захист відбудеться «02» жовтня 2015 р. о 12³⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 05.052.01 у Вінницькому національному технічному університеті за адресою: 21021, м. Вінниця, вул. Хмельницьке шосе, 95, ауд. 210, ГНК.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Вінницького національного технічного університету за адресою: 21021, м. Вінниця, вул. Хмельницьке шосе, 95, ГНК.

Автореферат розісланий «01» вересня 2015 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради

С. М. Захарченко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Сучасні промислові підприємства вимагають складних систем управління, які управляють декількома технологічними об'єктами, об'єднаними в один технологічний процес. З розвитком мікропроцесорних засобів таке управління зазвичай забезпечують розподілені системи управління. Розподілена система складається з автономних об'єктів, які приймають рішення для досягнення спільної мети. Найпоширенішою є ієрархічна структура розподіленої системи. Просторовий розподіл технологічних об'єктів складних систем викликає труднощі в управлінні. Технологічні об'єкти можуть функціонувати незалежно один від одного, мати різні цілі й обмеження, різні параметри продуктивності та ефективності, що часто призводить до численних проблем і породжує високий ступінь невизначеності при прийнятті управлінських рішень. У зв'язку з цим проблема координації рішень при управлінні виробничими системами, що складаються зі взаємопов'язаних технологічних об'єктів, є актуальною.

Постановці завдань координаційного управління складними системами і методам їх вирішення приділяється багато уваги з боку українських і зарубіжних дослідників, про це свідчить велика кількість публікацій, що з'явилися в останні десятиліття. Фундаментальна систематизація задач координації зроблена в роботах М. Д. Месаровича, А. П. Ладанюка. Розглядаються переважно ітераційні і неітераційні детерміновані алгоритми координації. Однак різноманітність завдань координації (критеріїв, обмежень, структур систем тощо), велика розмірність завдань (кількість координованих параметрів), наявність невизначеності при оцінюванні стану координованих процесів зумовлюють необхідність подальших досліджень. Зокрема, не вирішена задача координації, яка передбачає спільне використання одного ресурсу кількома паралельними технологічними лініями з одночасною синхронізацією роботи цих ліній, що й обумовлює актуальність дисертаційної роботи.

Зв'язок роботи із науковими програмами, планами, темами. Робота виконувалася відповідно до планів науково-дослідних робіт кафедри комп'ютерних систем управління Вінницького національного технічного університету в рамках держбюджетної науково-дослідної роботи № 46-Д-344 «Розробка методів та засобів прийняття рішень при управлінні технологічними процесами, що розгалужуються, в умовах невизначеності» (номер держреєстрації 0112U001367).

Мета і задачі дослідження. *Метою дисертаційної роботи* є підвищення ефективності паралельних технологічних процесів із загальним ресурсом на основі інформаційної технології координації рішень локальних систем управління.

Для досягнення поставленої мети в дисертації розв'язуються такі основні задачі:

- аналіз існуючих систем і технологій координації рішень;
- розробка моделі розподіленої системи управління в паралельних технологічних процесах;

- удосконалення методу координації рішень локальних систем управління;
- розвиток методу оцінювання невизначеності та ризику прийняття рішень у системі координаційного управління;
- розробка процедур і алгоритмів координації на основі евристичних методів;
- практична реалізація і застосування інформаційної технології координації рішень.

Об'єктом дослідження є процеси прийняття рішень в розподілених системах управління з локальними підсистемами.

Предметом дослідження є інформаційна технологія координації рішень локальних систем управління.

Методи досліджень: системний аналіз і теорія інформації для вирішення задачі оптимальної кластеризації завдань управління, теорія координації та теорія прийняття рішення при розробці нових методів і процедур координації, методи оптимізації при розробці алгоритмів оптимізації параметрів координації.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в нижчевикладеному.

1. **Вперше розроблено** модель розподіленого технологічного процесу з координаційним управлінням паралельними підпроцесами, яка відрізняється врахуванням ресурсного і часового взаємозв'язку підпроцесів з використанням експертних оцінок, статистичних даних і результатів вимірювань, що дозволяє сформулювати критерій координаційного управління в умовах комбінованої невизначеності.

2. **Удосконалено** метод координації рішень локальних систем управління в паралельних технологічних процесах, який відрізняється спільною координацією розподілу ресурсів і синхронізацією процесів, що дозволяє знизити ризик рішень.

3. **Отримав** подальший розвиток метод оцінювання невизначеності та ризику прийняття рішень у системі координаційного управління, який відрізняється спільним використанням експертних оцінок, статистичних даних і результатів вимірювань з випадковими похибками, що дозволяє вирішувати задачу координації в умовах комбінованої невизначеності.

Практичне значення одержаних результатів. Практична цінність роботи полягає в тому, що розроблена інформаційна технологія координації рішень локальних систем управління паралельними технологічними процесами. Розроблена інформаційна технологія сприятиме підвищенню ефективності функціонування таких систем.

На основі результатів теоретичних досліджень розроблено:

- алгоритм кластеризації завдань управління;
 - алгоритм розподілу ресурсів і синхронізації паралельних технологічних процесів;
 - структуру, основні компоненти та програмне забезпечення інформаційної технології координації рішень,
- а також удосконалено методку випадкового пошуку оптимальних параметрів координації, що забезпечує скорочення часу прийняття рішень і, таким чином,

дозволяє скоротити час простою.

Результати досліджень впроваджені, що підтверджено відповідними актами.

Результати дослідження були впроваджені на підприємстві «Люстдорф» для удосконалення управління процесами переробки молока (акт впровадження від 16.12.2014 р.):

- метод координації рішень локальних систем управління;
- метод оцінювання ризику прийняття рішень;
- алгоритм координаційного управління розподілом ресурсів і синхронізацією технологічних ліній.

Результати дослідження були використані також в навчальному процесі Вінницького національного технічного університету (ВНТУ) в лекціях і практичних заняттях з курсу «Методи управління в комплексних розгалужених системах і мережах» в розділі «Методи координаційного управління» (акт впровадження від 14.04.2015 р.).

Особистий внесок здобувача. Всі результати, що складають основний зміст дисертації, отримані здобувачем самостійно. У роботах, опублікованих у співавторстві, здобувачеві належать такі ідеї і розробки: в [2, 4, 10] – формалізація задачі ресурсно-часової координації; в [1, 8, 10, 13, 14] – інформаційна технологія координації рішень в технологічних процесах; в [4] – модель розподіленого технологічного процесу з координаційним управлінням підпроцесами; в [6] – декомпозиція задач управління методом кластеризації; в [7] – удосконалений метод координації рішень локальних систем управління в паралельних технологічних процесах; в [1, 15] – метод оцінювання невизначеності та ризику прийняття рішень у системі координаційного управління; в [4, 7] – реалізація координації рішень про розподіл ресурсів на основі генетичного алгоритму; в [3, 5, 11] – реалізація координації рішень про розподіл ресурсів на основі алгоритму випадкових блукань; в [16, 17] – реалізація координації рішень про розподіл ресурсів у паралельних технологічних процесах.

Апробація результатів дисертації. Результати дисертаційної роботи доповідались та обговорювались на 11 науково-технічних конференціях: XI Міжнародна науково-технічна конференція «Контроль і управління в складних системах» (Вінниця, 2012); XII Міжнародна науково-технічна конференція «Контроль і управління в складних системах» (Вінниця, 2014); XV Міжнародна науково-технічна конференція «Системний аналіз та інформаційні технології» (Київ, 2013); XVI Міжнародна науково-технічна конференція «Системний аналіз та інформаційні технології» (Київ, 2014); XXI Міжнародна науково-практична конференція «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» (Харків, 2013); XX Міжнародна конференція з автоматичного управління, (Миколаїв, 2013); Четверта міжнародна науково-практична конференція «Інтелектуальні системи в промисловості та освіті» (Суми, 2013); Інформатика, управління та штучний інтелект, наукова технічна конференція студентів, магістрів та аспірантів (Харків, 2014); науково-технічні конференції професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів Вінницького

національного технічного університету (Вінниця, 2013–2015).

Публікації. За темою дисертації опубліковано 17 праць, в тому числі 4 статті надруковано у фахових виданнях, затверджених ДАК України, 2 статті опубліковані у міжнародних журналах, індексованих у Scopus, 8 робіт опубліковано у збірках матеріалів конференцій, 1 розділ з монографії, отримано 2 свідоцтва про реєстрацію авторського права на твір (комп'ютерні програми).

Структура роботи та її обсяг. Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Основний зміст викладено на 130 сторінках друкованого тексту, містить 63 рисунки, 10 таблиць. Список використаних джерел містить 157 найменувань. Загальний обсяг роботи 177 сторінок.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, показано її зв'язок з науковими програмами, визначено об'єкт, предмет і методи дисертаційного дослідження, сформульовано мету та задачі роботи, наведено наукову новизну, практичне значення, апробацію та структуру роботи.

У **першому розділі** дисертації проведено системний аналіз проблеми управління розподіленими технологічними процесами, розглянуті особливості технологічного процесу як складної системи, формалізована задача координації локальних систем управління технологічного процесу, розглянуто задачу управління технологічним процесом на прикладі молочного виробництва, проаналізовано особливості і невизначеності, обумовлені нескоординованою роботою підсистем локального управління, проведено аналіз методів координації рішень в розподілених системах. У результаті аналізу методів координації розроблена їх класифікація. Аналіз існуючих методів координації показав, що в опублікованих роботах не розв'язана задача розподілу ресурсів у взаємозв'язку із завданням синхронізації паралельних технологічних процесів, що й обумовлює актуальність дисертаційної роботи.

Розглянута можливість застосування теорії розкладів та методів управління проектами до розв'язання задачі координації. Встановлено, що методи управління і планування проектів орієнтовані на одноразові рішення унікальних задач і не призначені для координації рішень локальних систем управління в технологічному процесі. Теорія розкладів відповідає за розподіл машинного часу для виконання певних завдань в межах заданого періоду, але не розглядає розподіл кількості сировини в безперервному технологічному процесі. Таким чином, зроблено висновок про необхідність проведення досліджень і розробки нових моделей і методів координації.

У **другому розділі** розроблена модель розподіленого технологічного процесу з координаційним управлінням паралельними підпроцесами. Удосконалено метод координації рішень локальних систем управління в паралельних технологічних процесах. Отримав розвиток метод оцінювання невизначеності та ризику прийняття рішень у системі координаційного управління.

Для моделювання системи розглянуто ресурсні взаємозв'язки між підпроцесами, як показано на рис. 1, і взаємозв'язки між підсистемами, обумовлені часовою взаємозалежністю, як показано на рис. 2.

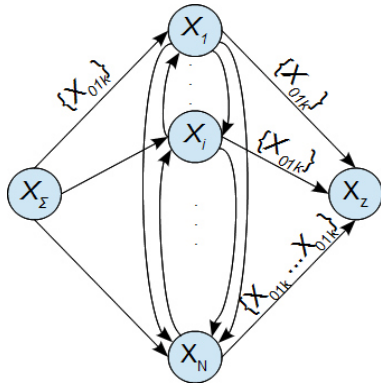


Рисунок 1 – Граф ресурсного взаємозв'язку підпроцесів

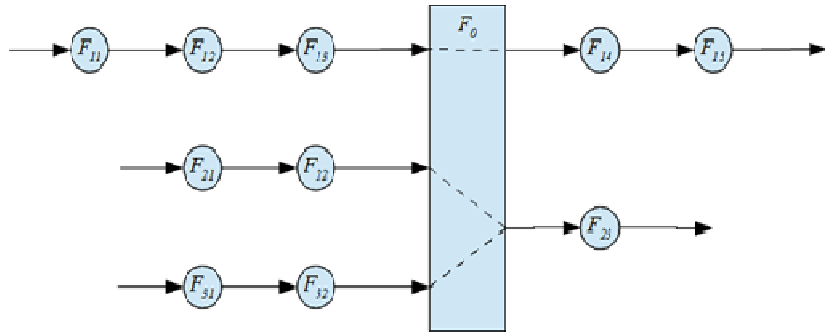


Рисунок 2 – Паралельні підпроцеси з часовим взаємозв'язком

Зв'язок через використання загального ресурсу приводить до рівнянь вигляду

$$X_{\Sigma k} = \sum_{i=1}^N X_{0ik}, \quad (1)$$

де X_{0ik} – k -й ресурс i -го підпроцесу; $X_{\Sigma k}$ – загальний k -й ресурс.

Зв'язок внаслідок того, що продукти одних підпроцесів є ресурсами інших, приводить до рівнянь вигляду

$$X_{jk} = \sum_{i=1, i \neq j}^N X_{0ik} + X_{rjk}, \quad (2)$$

де X_{jk} – k -й продукт j -го підпроцесу; X_{rjk} – частина k -го продукту j -го підпроцесу, яка не споживається іншими підпроцесами, а є складовою загального результату технологічних процесів.

Часова залежність підпроцесів виникає у випадку, коли один підпроцес використовує продукти іншого, а також коли продукти декількох підпроцесів повинні в певній послідовності надійти як ресурси на вхід наступного підпроцесу. Такий взаємозв'язок виражається системою нерівностей (3):

$$\begin{cases} t_{0i} \geq t_k, & i \in \{1 \dots N\}, k \in \{1 \dots N\}, i \neq k; \\ t_j \geq t_k, & j \in \{1 \dots N\}, k \in \{1 \dots N\}, j \neq k. \end{cases} \quad (3)$$

Паралельні технологічні процеси (ПТП), між якими є взаємодія, описуються виробничою функцією, яка залежить від розподілу ресурсів, якості ресурсів і синхронізації підпроцесів

$$\{X_i, \eta_i, t_i\} = F_i(X_{0i}, \eta_{0i}, t_{0i}), \quad i = 1 \dots N, \quad (4)$$

де F_i – виробнича функція i -го підпроцесу; N – кількість координованих підпроцесів; X – вектор кількості ресурсів/продуктів; η – вектор якості ресурсів/продуктів; t_{0i} – момент початку виконання підпроцесу; t_i – момент завершення виконання підпроцесу.

Модель розподіленого технологічного процесу з координаційним управлінням паралельними підпроцесами досліджена на прикладі ПТП молочного заводу, що має три технологічних ліній з виробництва 3-х видів молочної продукції. Модель виражається системою рівнянь:

$$\left\{ \begin{array}{l} t_{fi} = t_{oi} + t_{pi} \\ t_{li} = \frac{A_{maxi}}{P_i} \\ t_{ui} = \frac{A_{maxi}}{u_{oi} - P_i} \\ T_i = t_{li} + t_{ui} \\ n = \left\lfloor \frac{t_{fi} - t_{0i}}{T_i} \right\rfloor \\ u_i(t) = u_{oi} \left[\sum_0^n H\left(t - t_{oi} - t_{li} - nT_i + \frac{t_{ui}}{2}\right) - H\left(t - t_{oi} - t_{li} - nT_i - \frac{t_{ui}}{2}\right) + \right. \\ \left. k \left[H(t - t_{fi}) - H\left(t - p_i \left(\frac{t_{fi} - nT_i}{u_{oi}}\right)\right) \right] + \right. \\ \left. (1-k) \left[H(t - nT_i + t_{li}) - H\left(t - \left(t_{fi} + \frac{A_{maxi} - (u_{oi} - p_i)(t_{fi} - (nt_{li} + t_{li}))}{u_{oi}}\right)\right) \right] \right] \\ k = \begin{cases} 1, & t_f < nT_i + t_{li} \\ 0, & t_f \geq nT_i + t_{li} \end{cases} \\ A_i(t) = (p_i(t) + u_i(t))t \end{array} \right. \quad (5)$$

де t_{li} – тривалість заповнення накопичувача; A_{maxi} – об'єм накопичувача; A – об'єм продукції у накопичувачі; t_{ui} – тривалість відвантаження з накопичувача; n – кількість циклів; u_{oi} – продуктивність процесу відвантаження; T_i – тривалість циклу; $u_i(t)$ – стан відвантаження; $H(t)$ – функція Хевісайда.

Удосконалений метод координації рішень локальних систем управління в паралельних технологічних процесах складається з процедур вибору структури системи координаційного управління, формування критерію ефективності та обмежень системи прийняття рішень і безпосередньо пошуку оптимальних параметрів координації (рис. 3). Метод відрізняється спільною координацією

розподілу ресурсів і синхронізацією процесів, що дозволяє знизити середні втрати (ризик) рішень.

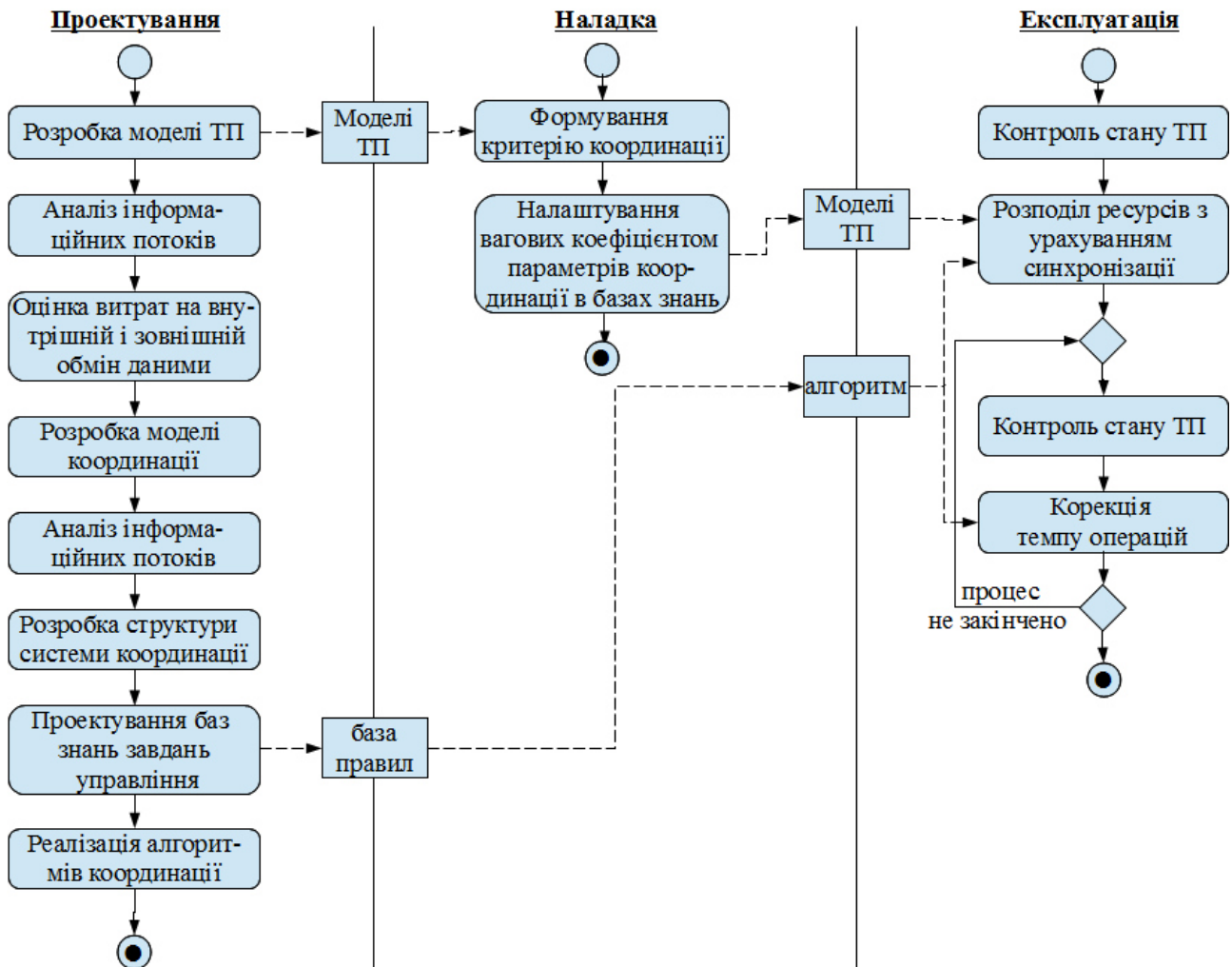


Рисунок 3 – Схема методу координації локальних систем управління паралельними підпроцесами

Як критерій ефективності координатора прийнято інтенсивність отримання прибутку від виконання процесу, яка враховує як технічні, так і економічні аспекти

$$E = \frac{P - C}{T}, \quad (6)$$

де P – ціна партії продукції;

C – витрати на виробництво партії;

T – тривалість процесу виробництва партії.

Витрати

$$C = \sum_{i=0}^n C_{ож i} (t_i - t_{0i}) + \sum_{j=0}^m C_{уск j} + \sum_{k=0}^l C_{зам k}, \quad (7)$$

де $C_{ож}$ – витрати на функціонування підпроцесу в режимі очікування в одиницю часу; $C_{уск}$ – витрати на прискорення того підпроцесу, який затримує процес; $C_{зам}$ – витрати на уповільнення того підпроцесу, який всіх обганяє, тобто витрати на синхронізацію і втрати від її відсутності; t_i – час виконання i -го підпроцесу ПТП; t_{0i} – момент початку виконання i -го підпроцесу; n_j – кількість підпроцесів, що знаходяться в режимі очікування; m_j – кількість підпроцесів, які затримуються; l_j – кількість підпроцесів, які всіх обганяють, $n + m + l = N$.

Вартість партії продукції

$$P_i = F_i(X_i)S_{0i} \left[\frac{e^{(-kt_i)} + \varphi}{1 + \varphi} \right], \quad (8)$$

де $F_i(X_i)$ – виробнича функція i -го підпроцесу; X_i – кількість сировини (ресурсу) i -ої лінії; S_{0i} – первісна вартість одиниці продукції; φ – ціна реалізації простроченої сировини.

При підставленні рівняння (7) і (8) в рівняння (6) отримуємо рівняння (9), і з урахуванням стохастичної природи системи завдання максимізації інтенсивності одержання прибутку (6) може бути замінене завданням мінімізації середніх втрат (ризик):

$$E = \frac{P_0}{T} - \frac{1}{T} \sum_{i=1}^n F_i(X_i)S_{0i} \left[1 - \frac{e^{(-kt_i)} + \varphi}{1 + \varphi} \right] - \left[\sum_{i=0}^n C_{ожi}(t_i - t_{0i}) + \sum_{j=0}^m C_{ускj} + \sum_{k=0}^l C_{замk} \right], \quad (9)$$

$$E = E_0 - \frac{1}{T} \cdot \Delta P, \quad T = \max \left(\sum_i t_{ji} \right), \quad (10)$$

$$\bar{E} = E_0 - \frac{1}{T} \int_{\Omega_x} \Delta P(X) f[\Delta P(X)] d\Delta P(X) \quad (11)$$

$$\bar{E}(X) = E_0 - \frac{R(X)}{T}, \quad (12)$$

де ΔP – втрати; Ω_x – область значень вектора ресурсів $X = \{X_i\}$; $R(X)$ – середні втрати або ризик.

Таким чином, завдання підвищення ефективності ПТП зводиться до задачі оптимального розподілу ресурсів $\{X_i\}$ і часових параметрів $\{t_i\}$ синхронізації підпроцесів з обмеженням максимальних витрат і мінімально допустимої якості очікуваного продукту.

Крім критерію координації та структури управління задані обмеження на параметри координації: зміна кількості ресурсу (сировини) і зміни продуктивності підпроцесів.

Ефективність координації залежить від структури системи управління. Рішення завдання формування структури системи управління засноване на декомпозиції і кластеризації завдань управління. Завдання згруповані з урахуванням вартості обміну інформацією

$$q_i = r_i + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n c_{ij}, \quad (13)$$

де n – кількість керованих підпроцесів (задач управління); q_i – витрати на здійснення операцій управління; c_i – витрати на обмін інформацією між локальними системами управління (ЛСУ); r_i – витрати на управління підпроцесом; j – підпроцес.

Загальна кількість зв'язків між завданнями управління

$$n_i = \text{card} [A_i] = \text{card} [A_{i \text{ int}}] + \text{card} [A_{i \text{ ext}}], \quad (14)$$

де n_i – загальна кількість інформаційних зв'язків i -го підпроцесу; A_i – множина інформаційних зв'язків між задачами управління операціями i -го підпроцесу; $A_{i \text{ int}}$ – множина внутрішніх зв'язків i -го підпроцесу; $A_{i \text{ ext}} = A_i / A_{i \text{ int}}$ – множина зовнішніх зв'язків i -го підпроцесу; «/» – операція доповнення.

Витрати на управління процесами складаються з двох компонентів: витрати на управління зовнішніми підпроцесами відносно даної ЛСУ – q_{ext} , і витрати на управління підпроцесами внутрішньої підсистеми q_{int} .

Кількість інформаційних зв'язків впливає на витрати на ресурси r_j , які необхідні ЛСУ.

$$\begin{cases} q = q_{\text{ext}} + q_{\text{int}}; \\ q_{\text{ext}} = r_0 * S_0 * (n - n_{\text{int}})^\beta + k_{3\text{ext}} I_0 k_0 [n(n-1) - n_{\text{int}}(n_{\text{int}} - 1)]; \\ q_{\text{int}} = r_0 * S_0 * n_{\text{int}}^\beta + k_{3\text{int}} I_0 k_0 [n_{\text{int}}(n_{\text{int}} - 1)]. \end{cases} \quad (15)$$

де S_i – складність підпроцесу; r_0 – питомі витрати на ресурси, β – константа, що залежить від характеристик підпроцесу; k_0 – коефіцієнт заповнення матриці суміжності графа інформаційних зв'язків завдань управління, I_0 – середня кількість переданої інформації між двома завданнями; $k_{3\text{int}}$ – витрати на передачу одиниці інформації по внутрішніх зв'язках; $k_{3\text{ext}}$ – витрати на передачу одиниці інформації з зовнішніх зв'язків.

Досліджено вплив кількості завдань n_{int} , які управляються однією ЛСУ, на витрати на управління. Рис. 4 показує значення q для різних значень параметрів процесу. Видно, що для значень $\beta = 2,45$ об'єднання підпроцесів під управлінням однієї ЛСУ дає суттєвий вигреш.

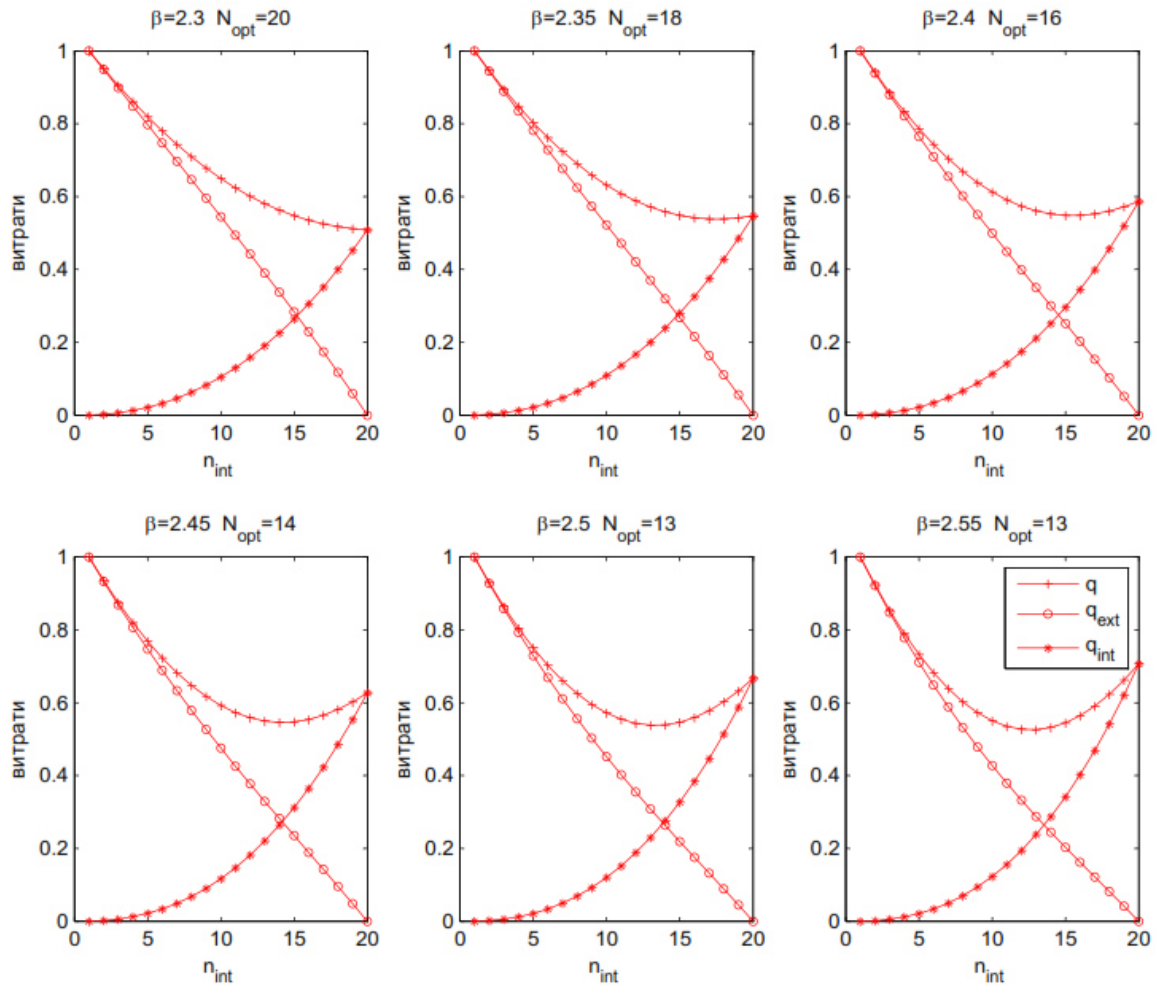


Рисунок 4 – Вплив кількості задач ЛСУ на вартість виконання процесу. Графіки побудовані для нормалізованих значень: $I_0=1$; $r_0=1$; $k_0=1$; $S_0=1$; $k_{3\ int}=1$; $k_{3\ ext}=10$; $n=20$

Для отримання оцінки ефективності координації оцінюється невизначеність вирішення задачі пошуку оптимальних параметрів координації. При випадковому пошуку на кожному кроці відбувається порівняння критерію координації вектора керуючих вплив (U) з найкращим наявним результатом. Отже, невизначеність вектора U визначатися достовірністю результату порівняння $R_i > R_{i0}$. Умовою порівняння є виконання нерівності

$$\int_0^{-\infty} \beta_{R_i - R_{i0}} (R_i - R_{i0}) d(R_i - R_{i0}) > \int_{-\infty}^0 \beta_{R_i - R_{i0}} (R_i - R_{i0}) d(R_i - R_{i0}), \quad (16)$$

де β – функція невизначеності. Функція невизначеності узагальнює функцію розподілу ймовірностей випадкових величин (статистичних даних і

результатів вимірювань) і функції належності нечітких величин (експертних оцінок) за відомим методом узагальнювальних функцій невизначеності.

Відповідно невизначеність результату координації

$$B = 2 \int_0^{\infty} \beta_{R_1 - R_{i0}} d(R_1 - R_{i0}) - 1. \quad (17)$$

У **третьому розділі** досліджена модель координаційного управління, розроблена структура інформаційної технології, розроблені алгоритми координації на основі моделей, розглянутих в попередньому розділі, зроблено порівняння розроблених алгоритмів.

Дослідження моделі виконано з метою вибору алгоритмів оптимізації. Оскільки модель координації залежить від декількох змінних, для того, щоб візуалізувати модель, зафіксуємо кілька змінних. Приклад результатів дослідження показаний на рис. 5.

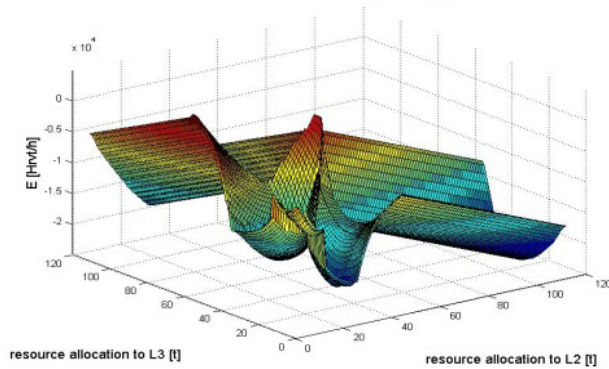


Рисунок 5, а – Критерії ефективності, коли $X_1 = 0.1R_{\max}$

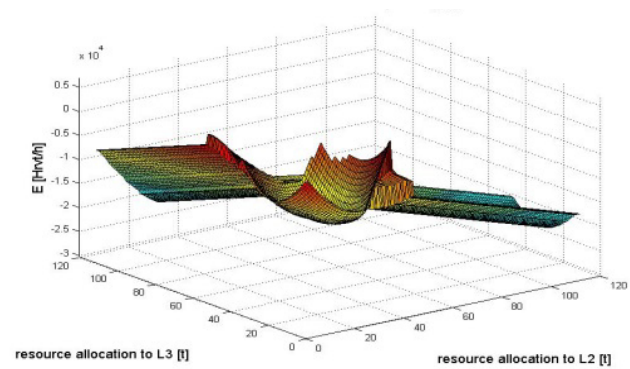


Рисунок 5, б – Критерії ефективності, коли $X_1 = 0.3R_{\max}$

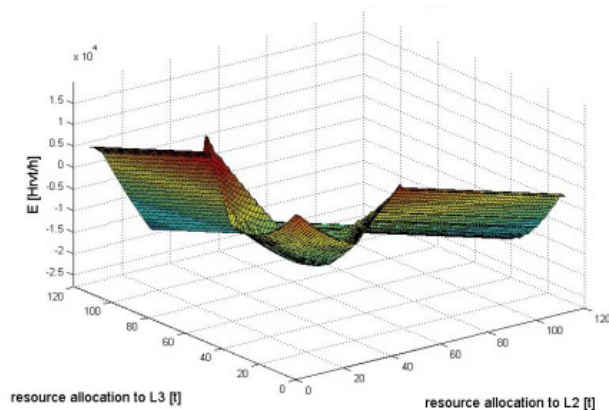


Рисунок 5, в – Критерії ефективності, коли $X_1 = 0.45R_{\max}$

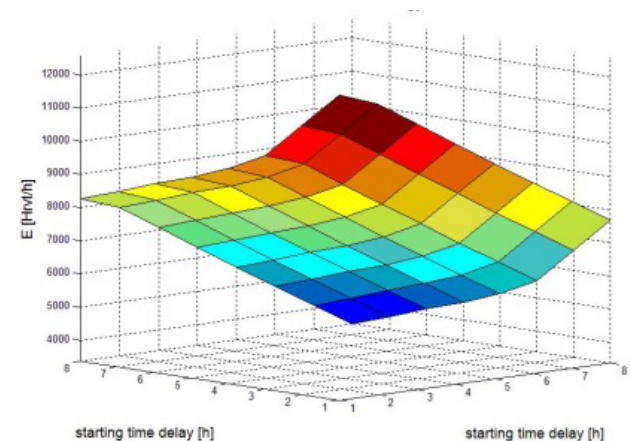


Рисунок 5 г) – Критерії ефективності, коли $t_{01} = 0$

Дослідження показує, що критерій оптимальності є нелінійною полімодальною функцією.

При розробці структури інформаційної технології координації рішень (ІТКР) локальних систем управління використана об'єктно-орієнтована концепція. За основу розробки прийняті класи відомої інформаційної технології прийняття рішень з управління розгалужуваними технологічними процесами в умовах невизначеності (ІТ ПР РТП). У термінах цієї концепції ІТКР є спадкоємцем ІТ ПР РТП. Структура класу «*Модель координації*», розроблена на основі батьківського класу «*Модель*», показана на рис. 6. Клас успадковує компоненти: «*Опис технології*», «*Граф*» і «*База знань*», які є батьківськими підкласами. Спадкоємець доповнений параметрами: вектор кількості ресурсів; вектор якості ресурсів; вектор моментів початку підпроцесів, а також формальним правилом, що реалізує модель ресурсно-часової координації, розроблену в розділі 2.

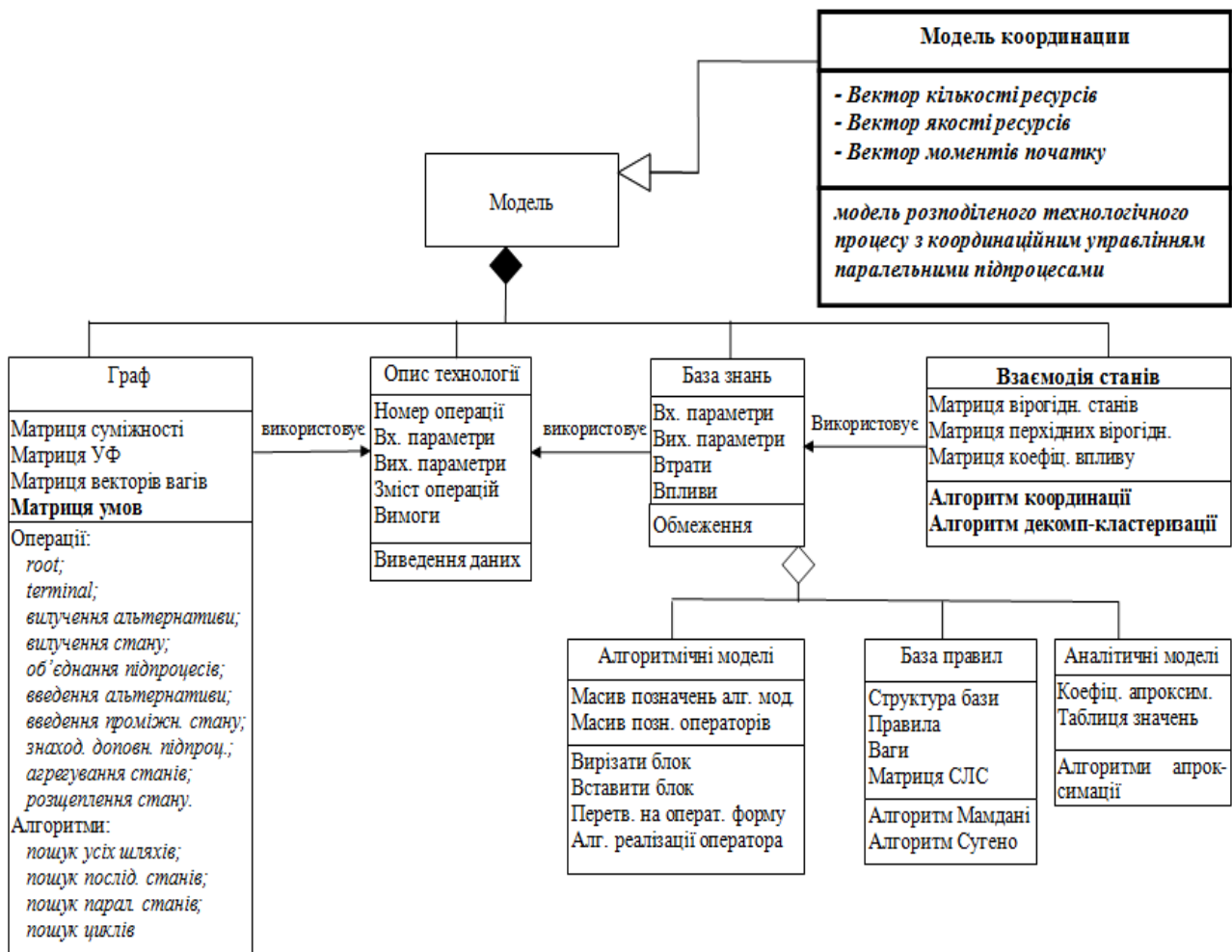


Рисунок 6 – Структура класу «Модель»

Клас «Ризик» призначений для оцінювання критеріїв координації, обґрунтованих в розділі 2. Структура класу «Ризик» показана на рис. 7. Для цього в компонент «Витрати» базового класу «Ризик» введені параметри, що характеризують витрати на координацію і втрати від порушення координації: вартість результату; витрати на процес; час виконання процесу; витрати в режимі очікування; витрати на прискорення підпроцесу; витрати на уповільнення підпроцесу, а також додаткові функції, що реалізують методику оцінювання невизначеності координації та методику розрахунку витрат і втрат, описаних в розділі 2.

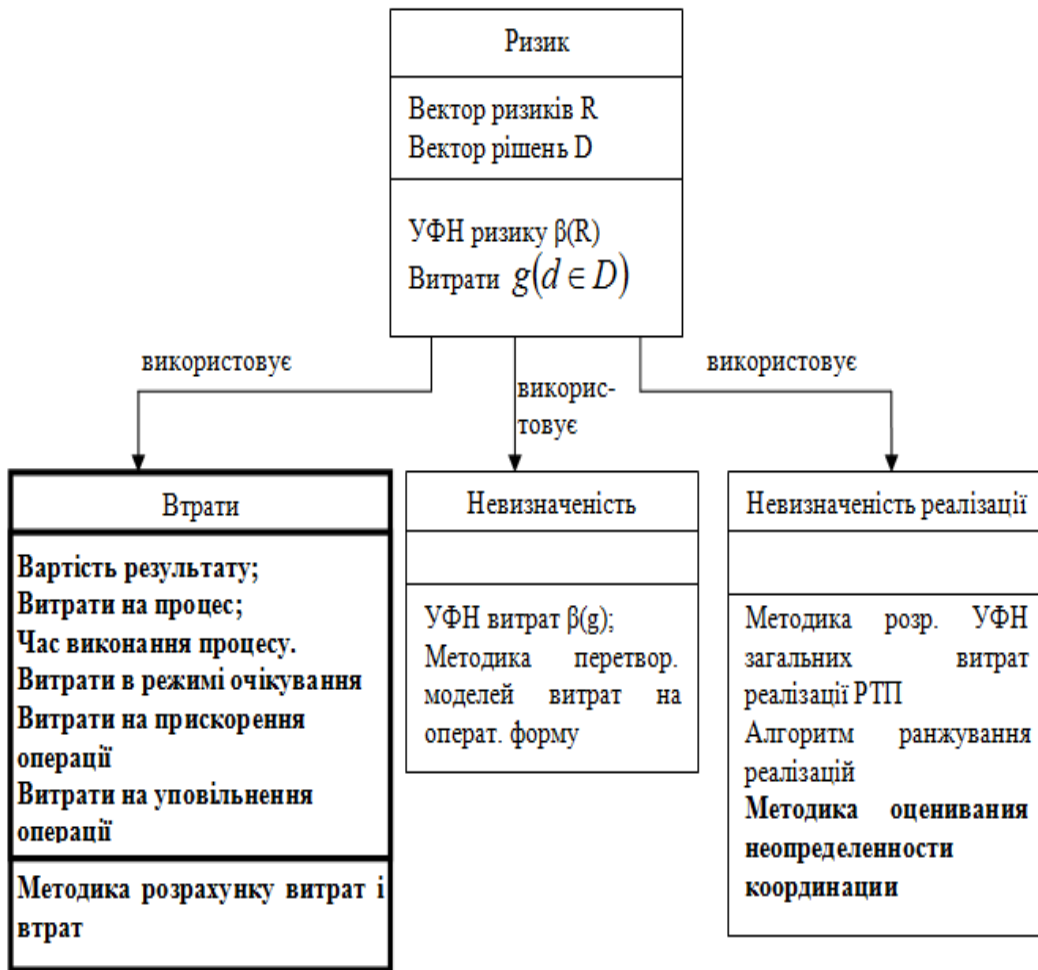


Рисунок 7 – Структура класу «Ризик»

Розроблено алгоритм побудови ієрархічних структур координації локальних систем управління шляхом кластеризації завдань управління з урахуванням вартості обміну інформацією, зображений на рис. 8. Алгоритм розроблено на основі модифікації алгоритму кластеризації за методом найближчого сусіда. Блоки 1–4 призначені для підготовки даних, які необхідні

для побудови структури ієрархічної системи. Блоки 5–9 забезпечують виконання кластеризації. Завдання кластеризації вирішується шляхом мінімізації критерію (13). Блоки 10–12 призначені для розрахунку агрегованих інформаційних потоків і переходу до формування наступного рівня ієрархічної системи.

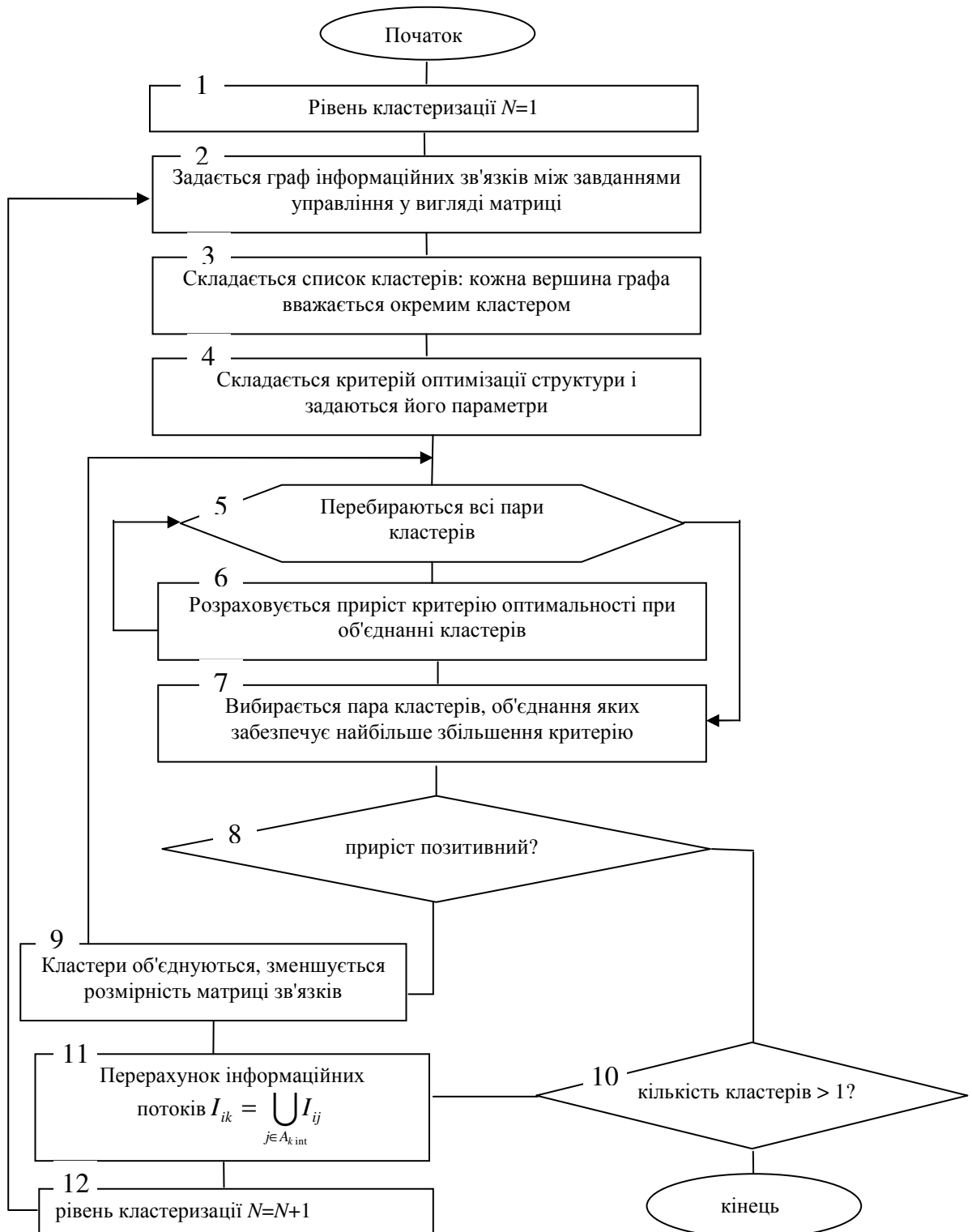


Рисунок 8 – Алгоритм багаторівневої кластеризації

Завдання координації характеризується нелінійністю цільової функції, наявністю обмежень, великою кількістю параметрів оптимізації. Серед найбільш придатних методів вирішення задачі можна виділити методи випадкового пошуку.

Розроблено та досліджено алгоритм координації ЛСУ на основі генетичного алгоритму. Значення функції пристосованості визначається в результаті розв'язання системи рівнянь (5). Згідно з результатами дослідження можна зробити висновок, що число особин в популяції є ключовим фактором.

Також розроблено та досліджено спрощений алгоритм оптимізації координаційного управління на основі модифікації методу випадкового блукання. Суть методу полягає в періодичному послідовному пошуку сусідніх точок, де покращується значення цільової функції. Згідно з модифікованим методом вихідна багатовимірна задача замінюється одновимірною задачею про знаходження оптимального значення β

$$\max_{\beta} f(x_k + \beta d_j). \quad (18)$$

Вхідними параметрами локального пошуку є координати центра x_c і радіус пошуку r . Локальний пошук складається з ітераційної процедури, де оцінюються точки, які знаходяться на відстані r від x_c . Якщо в будь-якій з цих точок значення функції не більше, ніж в x_c , радіус пошуку скорочується вдвічі. В іншому випадку за центр пошуку приймається точка, значення функції ефективності в якій є більшим. Процес повторюється, поки критерій зупинки не досягнутий. Для експериментального дослідження проводилася серія з 1000 прогонів алгоритму координації, в результаті чого підтверджено збіжність і точність координації. Встановлено, що для невеликих кроків значення цільової функції поліпшується. Однак навіть для найбільших кроків різниця між отриманим і точним значеннями не перевищує 8%.

На основі спрощеного алгоритму оптимізації координаційного управління розроблений алгоритм координації для молокозаводу з ієрархічною структурою управління. Координація враховує розподіл ресурсів одночасно з синхронізацією процесів.

У **четвертому розділі** наведені відомості щодо практичної реалізації та застосування інформаційної технології координації рішень, використання розробленого програмного забезпечення для координації рішень локальних систем управління у паралельних технологічних процесах у виробництві молока та здійснена перевірка ефективності розроблених в роботі моделей, методів та алгоритмів координації.

Розроблене програмне забезпечення виконує такі основні функції: авторизації; налаштування системи, інтерфейсу кінцевого користувача; розподілу ресурсу між декількома паралельними технологічними лініями з одночасною синхронізацією цих ліній; моніторингу системи; роботи з базою даних; генерування звітів.

При використанні запропонованої системи на заводі «Люстдорф» основним завданням є координація трьох ліній виробництва молока при наявності тільки однієї пакувальної ділянки.

Основні вікна комп'ютерної програми показані на рис. 9. Оптимізація виконується в пункті меню Solve.

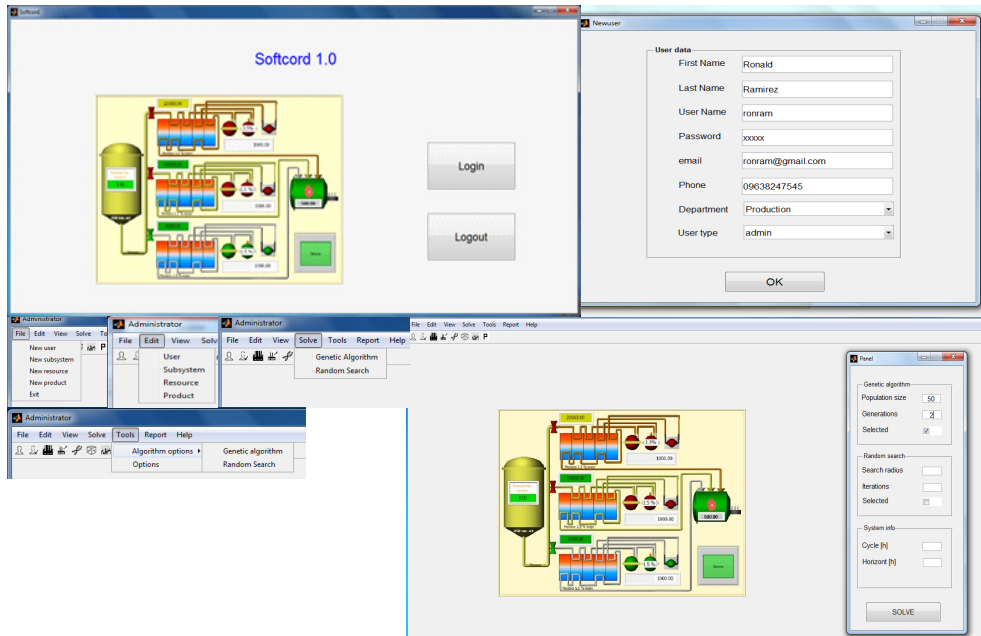


Рисунок 9 – Основні вікна програми

Вікно для моніторингу динаміки критерію ефективності ділиться на чотири зони (рис. 10). Зона А призначена для введення технічних параметрів виробничих ліній (обсяги накопичувачів, продуктивність ліній) і системних обмежень (продуктивність машини упакування, наявний обсяг ресурсів і проміжок часу планування); зона Б – для введення параметрів генетичного алгоритму (кількість особин в популяції, число поколінь); зона В дозволяє адміністратору візуально оцінити невизначеність рішення; зона Г призначена для виведення результату.

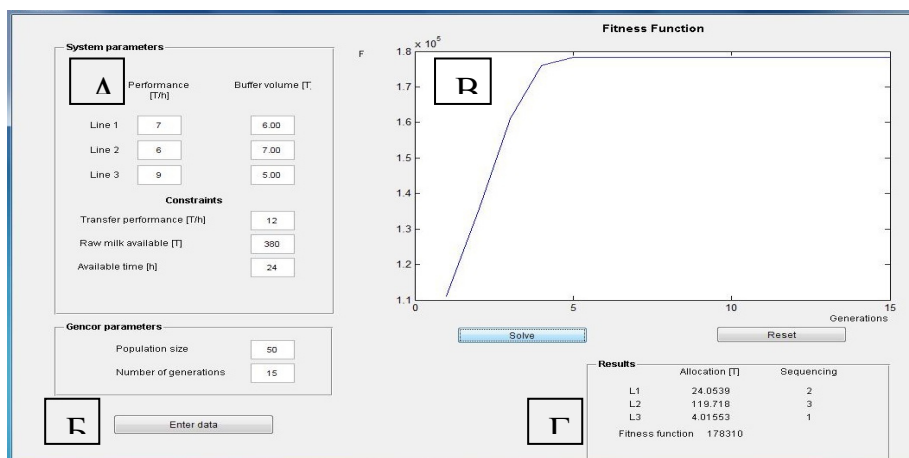


Рисунок 10 – Робоче вікно при оптимізації параметрів координації генетичним алгоритмом

Проведено дослідження ефективності координації з застосуванням розробленої ІТ.

Результати дозволяють стверджувати, що загальний час простою зменшено на 46% при збільшенні критерію ефективності на 5.4%, і 46.7% зменшення часу простою при збільшенні критерію ефективності на 7.49%.

В **додатках** наведено основні лістинги програмного забезпечення практичної реалізації інформаційної технології, документи та відомості про впровадження результатів, що отримані в дисертації.

ВИСНОВКИ

В результаті проведених досліджень і розробок у дисертаційній роботі вирішена актуальна науково-практична задача підвищення ефективності паралельних технологічних процесів із загальним ресурсом на основі інформаційної технології координації рішень локальних систем управління.

Основні наукові та практичні результати дисертаційної роботи полягають у нижчевикладеному.

1. Проблема координації рішень локальних систем управління розглядається в різних аспектах в науково-технічній літературі, однак на даний час не вирішено завдання координації, що передбачає спільне використання одного ресурсу кількома паралельними технологічними лініями з одночасною синхронізацією цих ліній.

2. Вперше розроблено модель розподіленого технологічного процесу з координаційним управлінням паралельними підпроцесами, що відрізняється врахуванням ресурсного та часового взаємозв'язків підпроцесів з використанням експертних оцінок, статистичних даних і результатів вимірювань, що дозволяє сформулювати критерій координаційного управління в умовах комбінованої невизначеності.

3. Удосконалено метод координації рішень локальних систем управління в паралельних технологічних процесах, що відрізняється спільною координацією розподілу ресурсів і синхронізацією процесів, що дозволяє знизити ризик рішень. Розроблений метод координації може бути адаптований для інших процесів, що вимагають взаємопов'язаних розподілу ресурсів і синхронізації.

4. Отримав подальший розвиток метод оцінювання невизначеності та ризику прийняття рішень у системі координаційного управління, що відрізняється спільним використанням експертних оцінок, статистичних даних і результатів вимірювань з випадковими похибками, що дозволяє вирішувати задачу координації в умовах комбінованої невизначеності.

5. Удосконалена методика випадкового пошуку оптимальних параметрів координації забезпечує скорочення часу прийняття рішень і, таким чином, дозволяє скоротити час простою.

6. На основі результатів теоретичних досліджень розроблені: алгоритм кластеризації завдань управління; алгоритм розподілу ресурсів і синхронізації паралельних технологічних процесів; структура, основні компоненти та програмне забезпечення інформаційної технології координації рішень.

7. Результати дослідження були використані на підприємстві «Люстдорф» для удосконалення управління процесами переробки молока: метод координації рішень локальних систем управління; метод оцінювання ризику прийняття рішень; алгоритм координаційного управління розподілом ресурсів і синхронізацією роботи технологічних ліній. Ефект від впровадження результатів полягає у зменшенні ризиків і втрат від простоїв в результаті порушення координації локальних систем управління.

Результати дослідження були використані також в навчальному процесі Вінницького національного технічного університету (ВНТУ) в лекціях і практичних заняттях з курсу «Методи управління в комплексних розгалужених системах і мережах» в розділі «Методи координаційного управління».

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Прийняття рішень в управлінні розгалуженими технологічними процесами : монографія / В. М. Дубовой, Г. Ю. Дерман, І. В. Пилипенко, М. М. Байас. — Вінниця : ВНТУ, 2014. — 216 с. — ISBN 978-966-641569-4.
2. Bayas M. M. Efficient Resources Allocation in Technological Processes Using Genetic Algorithm / M. M. Bayas, V. M. Dubovoy // Middle-East Journal of Scientific Research. – 2013. – Vol. 14, № 1. – P. 1–4. – ISSN 1990-9233. – DOI: 10.5829/idosi.mejsr.2013.14.1.16313.
3. Bayas M. M. Efficient Resources Allocation in Technological Processes Using an Approximate algorithm based on Random Walk / M. M. Bayas, V. M. Dubovoy // International Journal of Engineering and Technology. – 2013. – Vol. 5, № 5. – P. 4214–4218. – ISSN 2319-8613.
4. Байас М. М. Координация решений о распределении ресурсов на основе генетического алгоритма / М. М. Байас, В. М. Дубовой // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2014. – Том 30, № 2. – С. 4–12. – ISSN 1999-9941.
5. Bayas M. M. Improvement of coordination of distributed industrial objects by search methods / M. M. Bayas // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2014. – № 3. – С. 62–65. – ISSN 2219-9365.
6. Байас М. М. Декомпозиція задач управління методом кластеризації / М. М. Байас, В. М. Дубовой, М. Е. Дуда // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2014. – № 6. – С. 22–30. – ISSN 1997-9266.
7. Байас М. М. Розробка програмного модуля для підвищення ефективності координації виробничих процесів молочного виробництва / М. М. Байас, В. М. Дубовой, М. Е. Дуда // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2014. – № 4. – С. 128–134. – ISSN 2219-9365.
8. Bayas M. M. Efficient Management of Distributed Technology, Distributed Objects And Technological Processes / M. M. Bayas, V. M. Dubovoy // Контроль і управління в складних системах (КУСС - 2012). XI Міжнародна конференція : тези доповідей. Вінниця, 9–11 жовтня 2012 року. – Вінниця : ВНТУ, 2012. – С. 112–113. – ISBN 978-966-641-484-0.

9. Bayas M. M. Resource allocation problem in the frame of distributed objects coordination using genetic algorithms / M. M. Bayas // Системний аналіз та інформаційні технології : матеріали 15-ї Міжнародної науково-технічної конференції SAIT 2013. Київ, 27–31 травня 2013. – Р. 31. – ISBN 978-966-2748-32-1.
10. Байас Сампедро М. М. Информационные технологии в координации местных интеллектуальных систем в технологических процессах / М. М. Байас Сампедро, В. М. Дубовой // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я : тези доповідей XXI Міжнародної науково-практичної конференції, Харків. – 2013. – С. 90.
11. Bayas M. M. Model based in random walk for coordination of a dairy plant / M. M. Bayas, V. M. Dubovoy // Інтелектуальні системи в промисловості і освіті : тези доповідей Четвертої міжнародної науково-практичної конференції, м. Суми, 6–8 листопада 2013 р. / ред. кол. : А. С. Довбиш, С. П. Шаповалов, І. В. Шелехов. – Суми : Видавництво СумДУ, 2013. – С. 151–152.
12. Bayas M. M. A heuristic method of random search for task of coordination / M. M. Bayas // Інформатика, управління та штучний інтелект : тези науково-технічної конференції студентів, магістрів та аспірантів. – Харків : НТУ «ХПІ», 2014. – С. 96.
13. Bayas M. M. Development of the structure of the multi-agent coordination in technological processes / M. M. Bayas, V. M. Dubovoy // Системний аналіз та інформаційні технології : матеріали 16-ї Міжнародної науково-технічної конференції SAIT 2014, Київ, 26–30 травня 2014. – Р. 184. – ISBN 978-966-2748-50-5.
14. Bayas M. M. Modeling the coordination of cleaning processes in a pasteurization line based on Petri Nets / M. M. Bayas, V. M. Dubovoy // Автоматика / Automatics-2013 : тези XX Міжнародної конференції з автоматичного управління, 25–27 вересня 2013 р. – Миколаїв : НУК, 2013. – С. 288. – ISBN 978-966-321-263-0.
15. Дубовой В. М. Оценка влияния синхронизации параллельных технологических операций на эффективность разветвляющегося процесса / В. М. Дубовой, М. М. Байас Сампедро, И. В. Пилипенко // Автоматика / Automatics-2013 : матеріали XX Міжнародної конференції з автоматичного управління, 27–31 вересня 2013 р. – Миколаїв : НУК, 2013. – С. 311.
16. Свідоцтво № 58854 Державної служби інтелектуальної власності України, 02.03.2015. Програма координації технологічних процесів із спільними ресурсами і операціями / М. М. Байас, В. М. Дубовой, М. Е. Дуда ; заявл. 05.01.2015 ; опубл. 02.03.2015.
17. Свідоцтво № 58875 Державної служби інтелектуальної власності України, 05.03.2015. Координація роботи виробничих ліній на молокозаводі / В. М. Дубовой, М. М. Байас, М. Е. Дуда; заявл. 12.01.2015 ; опубл. 05.03.2015.

АНОТАЦІЯ

Байас Сампедро Марсія Марісоль. Інформаційна технологія координації рішень локальних систем управління в паралельних технологічних процесах. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні технології. – Вінницький національний технічний університет, Вінниця, 2015.

Метою дисертаційної роботи є підвищення ефективності паралельних технологічних процесів із загальним ресурсом на основі інформаційної технології координації рішень локальних систем управління. Для досягнення поставленої мети в дисертації розв'язуються такі основні задачі: аналіз існуючих систем і технологій координації рішень; розвинення моделі розподіленої системи управління в паралельних технологічних процесах; удосконалення методу координації рішень локальних систем управління; розвиток методу оцінювання невизначеності та ризику прийняття рішень у системі координаційного управління; розробка процедур і алгоритмів координації на основі евристичних методів; практична реалізація і застосування інформаційної технології координації рішень.

Ключові слова: інформаційні технології, координація, локальні системи управління, синхронізація паралельних технологічних процесів, розподіл ресурсів.

АННОТАЦИЯ

Байас Сампедро Марсія Марисоль. Информационная технология координации решений локальных систем управления в параллельных технологических процессах. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – информационные технологии. – Винницкий национальный технический университет, Винница, 2015.

Диссертационная работа посвящена повышению эффективности параллельных технологических процессов с общим ресурсом на основе информационной технологии координации решений локальных систем управления. Проблема координации решений локальных систем управления рассматривается в различных аспектах в научно-технической литературе, однако в настоящее время не решена задача координации, предусматривающая совместное использование одного ресурса несколькими параллельными технологическими линиями с одновременной синхронизацией этих линий.

Разработана модель распределенного технологического процесса с координационным управлением параллельными подпроцессами, отличающаяся учетом ресурсной и временной взаимосвязи подпроцессов с использованием экспертных оценок, статистических данных и результатов измерений, что позволяет сформулировать критерий координационного управления в условиях комбинированной неопределенности.

Усовершенствован метод координации решений локальных систем управления в параллельных технологических процессах, отличающийся совместной координацией распределения ресурсов и синхронизацией процессов, что позволяет снизить риск решений. Разработанный метод координации может быть адаптирован для других процессов, требующих взаимосвязанного распределения ресурсов и синхронизации.

Получил развитие метод оценки неопределенности и риска принятия решений в системе координационного управления, отличающийся совместным использованием экспертных оценок, статистических данных и результатов измерений со случайными погрешностями, что позволяет решать задачу координации в условиях комбинированной неопределенности.

Разработан и исследован алгоритм координации распределенных объектов на основе генетического алгоритма. Согласно результатам исследования, можно сделать вывод, что число особей в популяции является ключевым фактором выполнения алгоритма.

На основе метода случайных блужданий разработан алгоритм координации для молокозавода с иерархической структурой управления. Координация учитывает распределение ресурсов совместно с синхронизацией процессов. Установлено, что для небольших шагов значение целевой функции улучшается. Тем не менее, даже для самых больших шагов разница между полученным значением и точным значением не превышает 8%.

На основе результатов теоретических исследований разработаны: алгоритм кластеризации задач управления; алгоритм распределения ресурсов и синхронизации параллельных технологических процессов; структура, основные компоненты и программное обеспечение информационной технологии координации решений.

Результаты исследования были использованы в учебном процессе ВНТУ в лекциях и практических занятиях по курсу «Комп'ютерне моделювання процесів та систем». Результаты исследования также были использованы на предприятии «Люстдорф» при усовершенствовании автоматизированной системы управления производством молочной продукции на основе применения предложенной информационной технологии координации решений локальных систем управления. Используются следующие результаты диссертационной работы: метод координации решений локальных систем управления; метод оценки риска принятия решений; алгоритм координационного управления распределением ресурсов и синхронизацией технологических линий. Эффект от внедрения результатов заключается в уменьшении рисков и потерь от простоев оборудования в результате нарушения координации локальных систем управления.

Ключевые слова: информационные технологии, координация, локальные системы управления, синхронизация параллельных технологических процессов, распределение ресурсов.

SUMMARY

Bayas Sampedro Marcia Marisol. Information technology for coordination of decision making local systems in parallel technological processes. – Manuscript.

Thesis for the scientific degree of the Candidate of Technical Sciences in speciality 05.13.06 – Information Technology. – Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, 2015.

Dissertation work is devoted to increase of efficiency of parallel technological processes with a shared resource on the basis of information technology for coordination of solutions of local control systems. The problem of coordination of solutions of local control systems is considered in various aspects in scientific and technical literature; however the problem of coordination providing sharing of one resource by several parallel technological lines with simultaneous synchronization of these lines isn't solved currently.

A model of the distributed technological process with coordination of parallel subprocesses, characterized by taking account resource and temporary interrelations of subprocesses and the use of expert estimates, statistical information and results of measurements is developed. The model allows formulating the criterion of coordination in the conditions of the combined uncertainty. The method of coordination of solutions of local control systems in parallel technological processes, differing in joint coordination of distribution of resources and synchronization of processes that allows reducing the risk of decisions, is improved.

On the basis of results of theoretical researches are developed: the algorithm of a clustering of management tasks; the algorithm of distribution of resources and synchronization of parallel technological processes; the structure, the main components and software of information technology for coordination of decisions.

Results of research were used in the educational process of VNTU in lectures and a practical training at the course "Computer Modeling of Processes and Systems". Results of research were also used at the Lyustdorf enterprise at improvement of an automated control system for production of dairy products on the basis of application information technology for coordination of solutions of local control systems. The following results of dissertation work are used: the method of coordination of solutions of local control systems; the method of assessment of risk of decision-making; algorithm of coordination management of distribution of resources and synchronization of technological lines. The effect of the introduction of results consists in the reduction of risks and losses from equipment downtimes as a result of an incoordination of local control systems.

Keywords: information technology, coordination, local management, synchronization of parallel technological processes, resource allocation.

Підписано до друку 27.08.2015 р. Формат 29,7×42¼

Наклад 100 пр. Зам. № 2015-084

Віддруковано в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі
Вінницького національного технічного університету
Вінниця, вул. Хмельницьке шосе, 95. Тел. 59-81-59.