

**Світлана МАКОВЕЦЬКА,
Олена М'ЯКШИЛО**

ВІЗУАЛЬНА ІНТЕРПРЕТАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ЦУКРОВОГО ВИРОБНИЦТВА З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДУ “ОБЛИЧЧЯ ЧЕРНОВА”

Наведено приклад контролю параметрів сокоочищувального відділення цукрового виробництва шляхом візуального представлення багатовимірних даних методом когнітивної інтелектуальної візуалізації "Обличчя Чернова" в пакеті STATISTICA, що уможливорює в найкоротший час виявити загальну тенденцію показників, знайти та осмислити закономірності в наборі багатовимірних даних, не проводячи при цьому їх попередній аналіз, а приймаючи рішення вже на основі отриманих результатів роботи методу.

Ключові слова: система підтримки прийняття рішень, інтелектуальна візуалізація, пакет STATISTICA.

Маковецкая С., Мякишило Е. Визуальная интерпретация технологических процессов сахарного производства с использованием метода “Лицо Чернова”. Приведен пример контроля параметров сокоочистного отделения сахарного производства путем визуального представления многомерных данных методом когнитивной интеллектуальной визуализации "Лицо Чернова" в пакете STATISTICA, что позволит в кратчайшие сроки выявить общую тенденцию показателей, найти и осмыслить закономерности в наборе многомерных данных, не проводя при этом их предварительный анализ, а принимая решение уже на основе полученных результатов работы метода.

Ключевые слова: система поддержки принятия решения, интеллектуальная визуализация, пакет STATISTICA.

Постановка проблеми. Наразі підприємствам доводиться працювати з колосальним обсягом інформації, перш за все, з неструктурованими даними. Цей факт призводить до зниження можливостей осіб, які приймають рішення (ОПР) в управлінні інформацією. Їм доводиться працювати з великим обсягом неструктурованої інформації та аналізувати весь її обсяг в умовах інформаційних перевантажень. Саме тому все більшу актуальність набуває можливість подання і отримання інформації у форматах, які дають змогу приймати найбільш ефективні та своєчасні управлінські рішення. Особливе

значення такі системи набувають в умовах невизначеності, у надзвичайних ситуаціях, коли рішення необхідно приймати в стислі терміни для стабільної роботи підприємства.

Застосування інформаційних технологій на харчових підприємствах в рамках підтримки прийняття рішень повинні забезпечувати не тільки ефективний пошук, збір і аналіз інформації, а й ефективну передачу або подання її. Останнє найкраще сприймається у візуалізованому вигляді (порівняно з текстовим форматом), що пов'язано з психофізичними особливостями людини. Подання даних у графічному вигляді дає змогу орієнтуватися у великих обсягах інформації, відсікаючи непотрібну, швидше виявляти пріоритети і приймати ефективні рішення [1].

Інтелектуальна візуалізація (ІВ) – спосіб представлення інформації, який може бути як наслідком інтелектуального аналізу даних (*Data Mining and Knowledge Discovery*), так і його інструментом (*Visual Mining*). ІВ – невід'ємна частина інтелектуальних систем нового покоління. Представлення, які формуються машиною на основі методів ІВ, безпосередньо взаємодіють із процесами, що протікають під час виробничої діяльності (або процесу прийняття рішення) свідомого чи несвідомого мислення ОПР [2]. ІВ уможлиблює представити закономірності та шляхи вирішення задачі простим, інтуїтивно зрозумілим чином. При продуманій системі ІВ динамічно сформовані образи можуть допомогти ОПР вирішити задачу в інтерактивному режимі, побачити і осмислити всю повноту візуалізованої інформації та прийняти ефективне рішення щодо поточної ситуації[3].

Відповіді на складні питання, пов'язані із слабкоструктурованими системами виробництва, можна отримати при використанні комп'ютерних методів ІВ пізнавального (когнітивного) моделювання, специфіка яких полягає в орієнтовані на конкретні умови розвитку виробничої ситуації [4].

Принцип когнітивності широко використовується в галузі досліджень по створенню систем штучного інтелекту. Методики застосування когнітивної ІВ для представлення статистичних даних фактично не розвивалися. Останнім

часом стали з'являтися дослідження, пов'язані з використанням таких методів. У цьому напрямку ведуться наукові дослідження Д. Мічі і Р.Джонстон [3], Н.Сhernoff [2], Д. А. Поспеловим [4], А. А. Зенкіним [5]. Використання когнітивних принципів для побудови графічних образів дає можливість сформувати образи понятійного типу, які розширюють уявлення ОПР на конкретні умови виробничої ситуації. Ось чому дослідження нових методів побудови образів за даними технологічного процесу є актуальними.

Мета роботи – описати розроблену методику (алгоритм) інформаційної підтримки діяльності технолога цукрового виробництва з контролю параметрів технологічного процесу шляхом інтелектуальної візуалізації даних.

Матеріали та методи: Апробаційним матеріалом є методики та підходи інтелектуальної візуалізації, які пропонуються залучити на харчових підприємствах у рамках підтримки прийняття рішень. Планується проаналізувати використання методу "Обличчя Чернова" в роботі відділу цукрового заводу сокоочищувальної станції.

Результати дослідження. Підтримка та супровід виробничого процесу (або підтримка прийняття рішень - ППР) системою різноманітних методів і засобів ІВ, робить його більш керованим, програмованим, а отже, об'єктивним і прогнозованим та дозволяє отримувати стійкі результати роботи.

Аналіз виробничої діяльності має особливості, серед яких:

1. Багатоаспектність та взаємопов'язаність процесів виробництва;
2. Відсутність достатньої кількості інформації про динаміку процесів (що змушує переходити до їх якісного аналізу);
3. Мінливість характеру виробничих процесів у часі [5].

За зазначеними особливостями виробничі системи відносять до слабкоструктурованих систем. Поточна ситуація відображає стан такої системи виробництва в даний момент часу. Число факторів в такій ситуації може вимірюватися десятками, сотнями, а то і тисячами. Всі вони залежать від часу і характеризуються причинно-наслідковими зв'язками, що негативно впливає на можливість побачити і усвідомити логіку розвитку процесу в таких ситуаціях.

Когнітивний характер візуалізації ініціює розвиток необхідних властивостей ОПР під час виробничої діяльності (емоційне переживання, відгук; здатність упорядкованого мислення, логізацію, систематизацію знань; дієздатність тощо) [7].

Когнітивність візуального образу – психологічний аспект візуалізації, який сприяє природному, інтелектуальному, та водночас простому одержанню інформації і нових знань в результаті сприйняття і розпізнавання даних (рис. 1) [5].

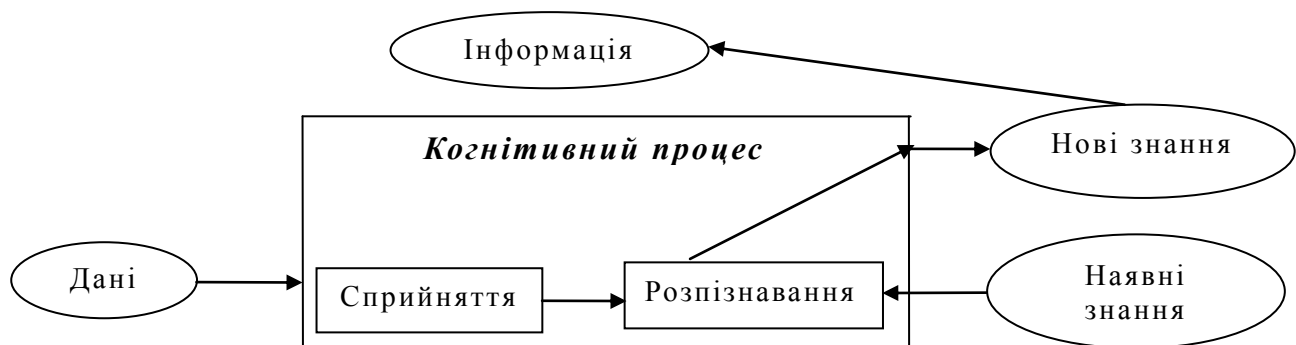


Рис. 1. Когнітивний процес

Евристичний алгоритм когнітивного процесу включає такі етапи:

1. Виділення проблемної області.
2. Фіксування в проблемній області (по можливості) найменшої кількості найбільш істотних постулатів, закономірностей або фундаментальних зв'язків між об'єктами.

3. Створення візуального образу (мова візуалізації), яка за своєю будовою відображає сутність проблемної області.

При перетворенні побудованих зображень, одержують візуальні підказки, які завдяки прямому і безпосередньому впливу на інтуїцію ОПР сприяють відкриттю нових ідей у вирішенні питань проблемної області [8].

Одним із найбільш майстерно розроблених когнітивних методів ІВ багатовимірних статистичних даних, який можна використовувати для візуального представлення виробничої діяльності, є метод "Обличчя Чернова". Це унікальний багатовимірний метод розвідувального аналізу, який дає змогу

виявити такі приховані картини взаємозв'язків між змінними, які не можуть бути виявлені іншими методами. Цей метод досить не простий у реалізації, оскільки для отримання найкращого результату потрібно правильно і вміло зіставити змінні з рисами "обличчя" [2].

Метод "Обличчя Чернова" є досить оригінальним (і при цьому ефективним) способом пошуку нового знання в емпіричних даних. У цьому методі кожне спостереження зображується у вигляді "обличчя", певним рисам якого відповідають відносні значення обраних змінних. Для кожного спостереження малюється окреме "обличчя", де відносні значення обраних змінних представлені як форми і розміри окремих його рис (наприклад, довжина носа, кут між бровами, ширина обличчя і т.д.) [1]. Таким чином ОПР може ідентифікувати унікальні для кожної конфігурації значень наочні характеристики об'єктів.

У розпізнаванні обличчя особливе значення має його карикатурність, яка показує відхилення від "середньостатистичної норми". Саме карикатурні риси відіграють роль своєрідних міток при розпізнаванні образів "обличчя" [5].

Алгоритм побудови візуальних представлень заснований на методиках когнітивного аналізу та побудові когнітивного образу, основна мета яких – виділення нового знання із вже існуючих візуальних образів.

Методика когнітивного аналізу складних ситуацій включає такі етапи:

1. Формулювання завдання та цілі дослідження;
2. Вивчення виробничого процесу (або ППР) з позицій поставленої мети;
3. Збір, систематизація та аналіз існуючої статистичної та якісної (повної, чіткої) інформації проблеми;
4. Виділення основних ознак, взаємозв'язків процесу дослідження та визначення дій основних об'єктів, законів розвитку досліджуваної ситуації (це уможливить виділити об'єктивні залежності та тенденції в процесах);
5. Визначення основних вимог, цілей і обмежень ситуації;
6. Виділення основних суб'єктів, які пов'язані із ситуацією, визначення їх суб'єктивних інтересів у розвитку даної ситуації (це дасть змогу визначити

можливі зміни в розвитку ситуації);

7. Визначення шляхів, механізмів дії, реалізації виробничих інтересів основних суб'єктів (це дасть можливість в подальшому визначити стратегії поведінки) [8].

Метод "Обличчя Чернова" застосовують, як правило, у двох випадках:

1) – коли потрібно виявити характерні залежності або групи спостережень (при цьому цей метод використовують для класифікації спостережуваних даних аналогічно кластерному аналізу)

2) – коли необхідно дослідити складні взаємозв'язки між кількома змінними.

Розглянемо застосування методу "Обличчя Чернова" для візуалізації технологічного процесу очищення дифузійного соку на цукровому виробництві. Цей процес належить до класу багатовимірних складних хіміко-технологічних процесів.

Як вхідну інформацію використано дані з виробничого відділу цукрового заводу сокоочищувальної станції. В основі процесу лежить очистка дифузійного соку переважно за допомогою вапна і осадження його надлишку діоксидом вуглецю. Технологу потрібно постійно контролювати зміни вхідних даних та видхилення їх за допустимі норми.

На кожному етапі виробництва проби дифузійного соку відбирають один раз на годину і відразу визначають в ній хіміко-технологічні показники. Ведуть контроль за величиною рН соку, лужністю, визначають загальний вміст вапна, сухих речовин, нецукрів, чистоту.

Контроль за лужністю і значенням рН є важливим з точки зору зниження втрат цукрози в процесі лужно-термічного розкладання, тому підтримка цих величин на оптимальному рівні важлива для нормального протікання процесів очищення і досягнення максимального виходу готової продукції високої якості.

Необхідність контролю в'язкості густих продуктів пояснюється впливом її на процеси кристалізації і центрифугування утфелів, тобто на якість цукру і втрати його в мелясі. Для обліку виходу цукру й зниження його втрат необхідно

знати вміст цукрози в буряку і виробничих відходах (жом, фільтраційний осад, меляса). За різницею між вмістом сухих речовин і цукрозою визначається вміст домішок (нецукрів) і оцінюється ефективність очищення соку.

Метод "Обличчя Чернова" ідеально підходить для вирішення ситуаційних проблем при очистці дифузійного соку у формуванні візуального образу на основі наведених статистичних даних.

Оскільки цей метод є одним із ефективних методів когнітивної ІВ для виявлення прихованих закономірностей у різнотипних даних, тому він дає змогу легко робити їх порівняння і виявляти відхилення. Це уможливорює в найкоротший час виявити загальну тенденцію значень показників, знайти та осмислити закономірності в наборах багатовимірних даних, не проводячи при цьому їх попередній аналіз, а приймаючи рішення вже на основі отриманих результатів роботи методу [8].

Алгоритм формування візуального образу за допомогою методу "Обличчя Чернова" включає етапи, представлені на *рис. 2*.

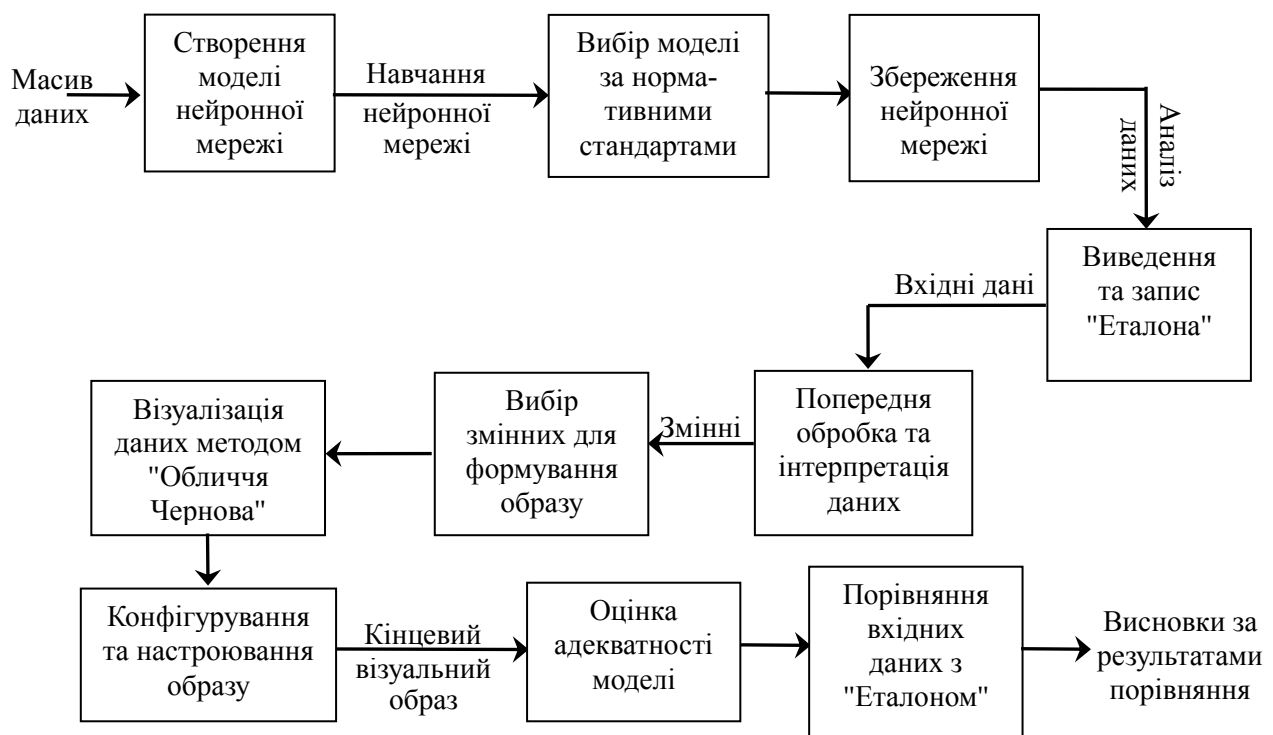


Рис. 2. Алгоритм методу підтримки прийняття рішень з використанням "Обличчя Чернова"

Для візуального представлення багатовимірних статистичних даних виробництва за допомогою піктографічного методу когнітивної ІВ "Обличчя Чернова" обрано пакет STATISTICA 6.0. Дані передаються та зберігаються на ПК технолога та завантажуються в цей пакет.

Спочатку формується масив даних із БД для нейронної мережі, які відповідають нормативним стандартам.

На наступному етапі необхідно сформувати "Еталон" для порівняння з поточними даними, які надходять із датчиків. Для цього вхідні дані з БД перевіряються чи входять у встановлені нормативні межі; потім формується масив даних для нейронної мережі, для якої в автоматичному режимі проходить навчання (рис. 3), та вибір моделі, яка задовольняє вказаним параметрам. На екран виводиться вікно результатів навчання мережі (рис. 4).



Рис. 3. Автоматичний процес навчання нейронної мережі

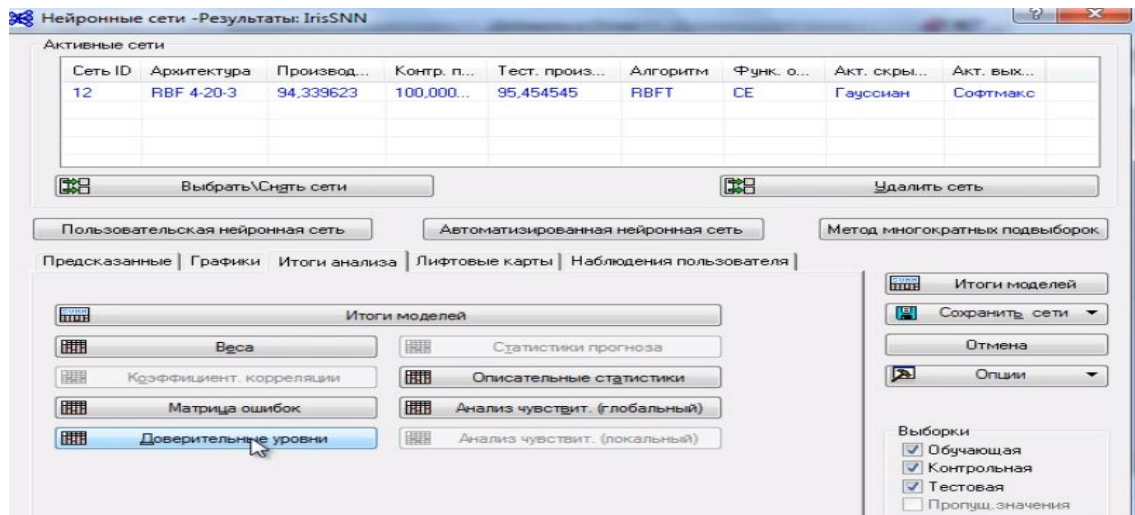


Рис. 4. Вікно результатів навчання мережі

Дані після аналізу в нейронній мережі завантажуються в таблицю порівняння (рис. 5), на основі якої створюється їх візуальна інтерпретація (рис. 6).

Данные: Таблица порівняння (12v * 2с)												
	1 Эффект чищення на дефекто-сатурації	2 Витрати вапна на чищення, % до маси бураяка	3 Кількість сусп. соку 1 сат. на п/д	4 Кількість кристалів в утфелі	5 Эффект кристаліз. утфеля, прод	6 Эффект кристаліз. утфеля, спуск	7 Эффект кристаліз. утфеля, цтф	8 Эффект очистки на дифузии	9 Відкачка соку на дифузии	10 pH	11 Лужність	12 Цільність
Еталон	50	10	10	20	45	20	50	50	20	34,00	12,00	70,00
Поточні дані	45	10	10	21	20	30	50	30	20	23,00	11,00	45,00

Рис. 5. Таблица даних для порівняння

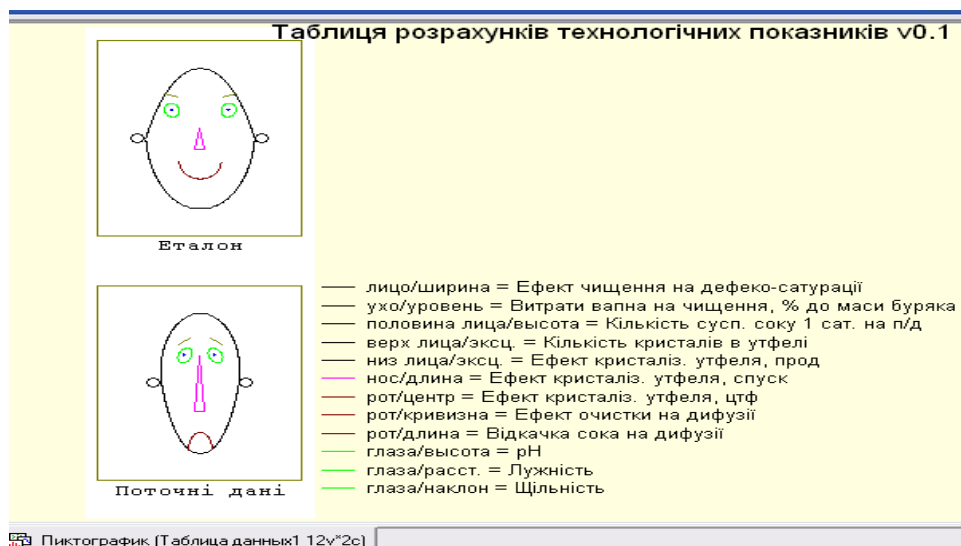


Рис. 6. Обличчя Чернова, які ілюструють таблицю параметрів сокоочищувального відділення цукрового заводу

Кожне "обличчя" являє собою вибірку інформації зі змінного журналу хімлабораторії цукрового заводу. Для відображення його використовуються одні й ті ж риси, але їхні значення (розмір, положення, нахил) змінюються залежно від величини змінної, яка до них прив'язана. Кожного разу при побудові візуального образу методом "Обличчя Чернова" програмою визначається масштаб представлення, який дає змогу адекватно, без спотворень і втрат інформативності, відобразити всі "обличчя" [9].

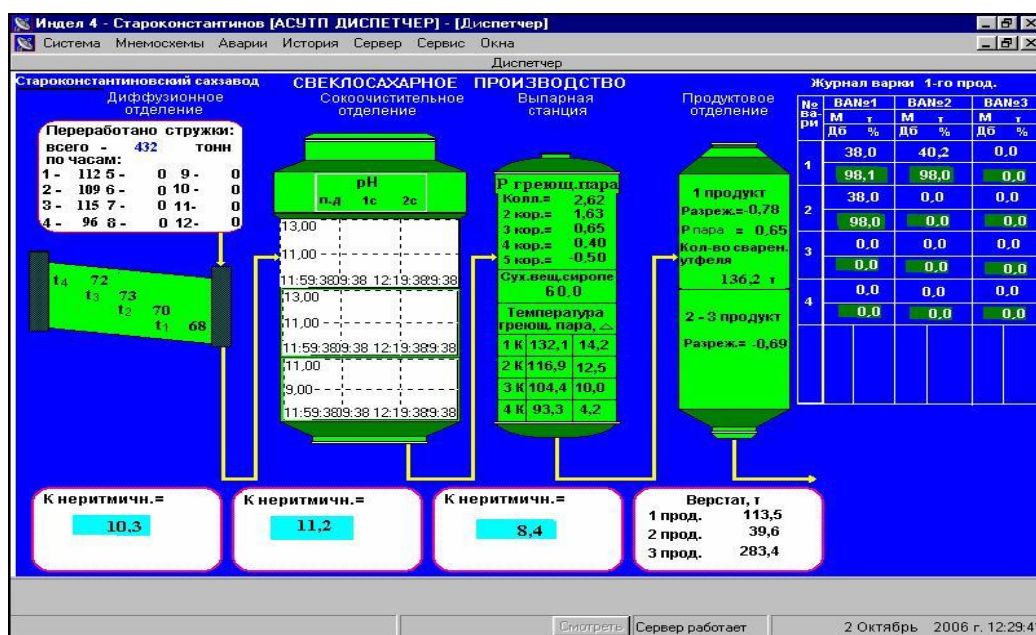
Принцип роботи методу – порівняння параметрів "Еталона" та поточних даних. Якщо поточні дані мають менші значення за "Еталон", на "обличчі" округлості витягуються, якщо більші – то зміни на "обличчі" протилежні. При менших значеннях змінної поточних даних від "Еталона" нахил рота та очей направлений донизу [10].

Розглядаючи отримані "обличчя", можна відмітити таке: значне збільшення довжини носа говорить про збільшене значення показника "Ефективність кристалізації утфеля, спуск"; видовжене "обличчя" – значення поточних показників "Ефект очищення на дефеко-сатурації" менше за "Еталонне"; нахилені вниз очі та рот свідчать, що поточні значення параметрів "Щільність" і "Ефект очистки на дифузії" значно нижчі за "Еталонне".

Проблемою цього методу є неможливість помітити мінімальні відхилення. Щоб абсолютно виключити помилки при спостереженні за процесом виробництва та прийнятті рішення, створимо програму "обробник подій", яка буде виводити повідомлення – попередження про вихід параметру за допустимі межі (уставки). В модулі *Statistica Visual Basic* створюємо допоміжну підсистему для унеможливлення сценарію, коли технолог не зможе помітити зміну параметру та вихід його за межі. Наприклад, в результаті виконання програми, при виході параметру рівня рН за допустимі межі формується повідомлення, що система дає можливість контролювати значення рН.

Для підтвердження ефективності впровадження запропонованого методу візуалізації найкращим буде порівняння зображень "Обличчя Чернова" з візуальним представленням АРМ технолога цукрового виробництва, розробленого в Одеській національній академії харчових технологій (рис. 7) [11].

Порівнюємо елементи, на яких концентрується увага технолога і які виведено на екран для спостереження за виробництвом у двох названих вище способах візуалізації.



На мнемосхемі показники технологічного процесу, які потребують уваги технолога, подано в цифровому вигляді і розташовані на великій площі екрану далеко один від одного. Для контролю всіх даних технологу потрібно переключати увагу між елементами на великі відстані, що призведе до перевантаження інформацією, зниження продуктивності та ясності у прийнятті рішень і можливих втрат на виробництві.

У запропонованому методі елементи концентрації уваги (див. *рис. 6*) розміщені поряд. Площа розміщення зони концентрації уваги менша в 9 разів ніж на мнемосхемі. Відображення даних у вигляді цифр відсутні. Замість них дані зашифровані в рисах обличчя. Технологу залишається тільки порівнювати схожість візуальних образів та фіксувати відхилення, що уможливить ОПР швидко оцінити ситуацію про стан технологічного процесу. Враховуючи природність спостереження людей за обличчями, технолог з легкістю зможе помітити зміни, які будуть сприяти ефективному прийняттю рішень.

Для порівняння продуктивності зображень технологічних даних методом "Обличчя Чернова" з візуальним представленням АРМ технолога цукрового виробництва проведено розрахунки:

$$F = S_{\text{екр}} * n * e,$$

де $S_{\text{екр}}$ – площа робочої поверхні;
 n – кількість зон концентрації уваги;
 e – частота зміни даних.

Візуально розбивши робочу поверхню на 10 рівних частин, поверхня "Обличчя Чернова" буде становити 1/4 до площі мнемосхеми АРМ технолога, тобто $S_{\text{екрОЧ}} = 1/4$; $S_{\text{екрАРМ}} = 1$.

Кількість змінюваних даних в елементах робочих вікон однакова: $e = 20$.

Кількість зон концентрації уваги становить: $n_1 = 8$; $n_2 = 4$.

Отже, $F_1 = 160$; $F_2 = 20$.

Аналізуючи результати, можна зробити висновок, що мнемосхема АРМ технолога у 8 разів більш "завантажена" та зменшує працездатність персоналу

при тривалому спостереженні за зміною даних в порівнянні з методом «Обличчя Чернова».

Висновки. Запропоновано візуальну інтерпретацію статистичних даних технологічного процесу. Описано алгоритм формування візуального образу для порівняння поточних даних з нормативними стандартами методом "Обличчя Чернова" з використанням нейронної мережі. Створено програму "обробник подій", яка буде виводити повідомлення при виході параметрів за встановлені межі. Доведено, що метод візуалізації "Обличчя Чернова" порівняно з мнемосхемою АРМ технолога збільшує продуктивність ОПР цукрового заводу у 8 разів.

Отже, застосування інтелектуальної візуалізації в процесі виробництва як інструмента підтримки прийняття управлінських рішень є доцільним і має перспективу з точки зору вдосконалення системи управління та контролю виробництва.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. *Басюк Т. М.* Основні підходи до побудови програмних засобів візуалізації даних / Т. М. Басюк // Інформаційні системи та мережі. — Л. : Нац. ун-т "Львівська політехніка". — 2008. — № 631. — С. 3—10.
2. *Chernoff H.* The use of faces to represent points in k-dimensional space graphically / H. Chernoff // Journal of American Statistical Association. — 1973. — N 68. — P. 361—368.
3. *Мичи Д., Джонстон Р.* Компьютер-творец. / Д. Мичи, Р. Джонстон — М. Мир, 1987. — С. 142—145
4. *Поспелов Д. А.* Ситуационное управление. Теория и практика / Д. А. Поспелов. — М. : Наука, 1986. — 284 с.
5. *Зенкин А.А.* Когнитивная компьютерная графика / А. А. Зенкин ; ред. Д. А. Поспелов. — М. : Наука, 1991. — 192 с.
6. *Graphical Representation of Multivariate Data by Means of Asymmetrical*

Faces (by Bernard Flury and Hans Riedwyl) [Электронный ресурс]. — Режим доступа [www. Jstor.org/stabl/2287565](http://www.Jstor.org/stabl/2287565)

7. *Башмаков А. И.* Интеллектуальные информационные технологии / А. И. Башмаков, И. А. Башмаков. — М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2005. — 304 с.
8. *Горохов В. Л.* Современные методы когнитивной визуализации многомерных данных / В. Л. Горохов, А. А. Лукьянец, А. Г. Чернов. — Томск : НТЛ, 2007. — 215 с.
9. *Боровиков В.* STATISTICA: искусство анализа данных на компьютере: Для профессионалов / В. Боровиков. — СПб.: Питер, 2003. — 688 с.
10. *Чадеева М.* Графический анализ данных в системе STATISTICA. — Режим доступа : <http://www.osp.ru/os/1999/05-06/179828/>.
11. *Вітвіцький В. Д.* Рішення задач оперативного обліку в АСУТП ділянок цукробурякового виробництва / В. Д. Вітвіцький, Ю. М. Скаковський // Наук. пр. ОНАХТ. — 2004. — Вип. 27. — С. 213—221.