

4. Базы знаний интеллектуальных систем / Т.А. Гаврилова, В.Ф. Хорошевский. – СПб.: Питер, 2000. – 384 с.
5. Сердюк С.Н. Разработка метода интеллектуальной поддержки процесса эргономического проектирования информационных моделей: Дисс. ... канд. техн. наук: 05.02.20 / С.Н. Сердюк. – СПб.: СПб ЭТУ, 1993. – 364 с.
6. Вагин В.Н. Достоверный и правдоподобный вывод в интеллектуальных системах / В.Н. Вагин, Е.Ю. Головина, А.А. Загорянская, М.В. Фомина; под. ред. В.Н. Вагина, Д.А. Поспелова. – М.: Физматлит, 2004. – 704 с.
7. Сокирко А.В. Семантические словари в автоматической обработке текста (По материалам системы ДИАЛИНГ): Дисс. ... канд. техн. наук: 05.13.17 / А.В. Сокирко. – М.: РГТУ, 2001. – 120 с.

*Отримано 05.03.2012*

УДК 004.891 : 681.518 (075.8)

С.М.СЕРДЮК, канд. техн. наук

*Запорізький національний технічний університет*

## **ИНТЕЛЕКТУАЛЬНОЕ ЭРГОНОМИЧНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОЕЗДОМ**

Розглянуто спосіб автоматизації процедур інтелектуальної підтримки процесу ергономічного забезпечення проектування інформаційних моделей (ІМ) на прикладі проектування ІМ системи керування поїздом.

Рассмотрен способ автоматизации процедур интеллектуальной поддержки процесса эргономического обеспечения проектирования информационных моделей (ИМ) на примере проектирования ИМ системы управления поездом.

Intellectual support procedures automation for information model (IM) design with ergonomic provision is applied to IM of Train Control System design as an example.

*Ключові слова:* інформаційна модель, ергономічне забезпечення проектування, система інтелектуальної підтримки, стратегії, продукційні правила, система керування поїздом.

Досвід експлуатації автоматизованих систем керування (АСК) показав, що кількість аварій об'єктів контролю та керування (ОКК) істотно не скоротилась. Якщо в 60-х роках помилка людини була первинною причиною лише 20% аварій, то в 90-х роках доля людського чинника зросла до 80% [1].

Таким чином, оптимізація інформаційного навантаження людини-оператора системи "людина-техніка-середовище" є, на сьогоднішній день, однією з основних проблем ергономіки. У зв'язку з цим, актуальною є задача розробка способу автоматизації процедур інтелектуальної підтримки процесу ергономічного забезпечення проектування (ЕЗП) ІМ автоматизованої системи керування поїздом. Для машиніста ІМ є джерелом інформації про результати своїх дій, стан зовнішнього середовища та ОКК.

Аналіз стану питання у області автоматизації ЕЗП ІМ було проведено в [2] на основі методу [3]. З позиції ергономічних вимог до проектування ІМ відомі роботи Венди В.Ф., Галактіонова А.І. і Рибакіова Ф.І. Але в [2, 3] було відзначено, що з позиції етапів ергономічного забезпечення: роботи Венди В.Ф. належать до методології, оцінювання й оптимізації параметрів та моделювання; роботи Галактіонова А.І. належать до методології, встановлення ергономічних вимог, оцінювання й оптимізації параметрів, ергономічної експертизи та моделювання; роботи Рибакіова Ф.І. належать до оцінювання й оптимізації параметрів. Питання автоматизації ЕЗП ІМ у цих авторів не розглядалися.

Аналіз авторефератів дисертацій по напрямку 05.01.04 "Ергономіка" в Україні й Росії, та закордонних публікацій показали відсутність аналогічних вітчизняних і закордонних розробок по створенню апаратно-програмних засобів в області ЕЗП ІМ. Таким чином проблема автоматизації ЕЗП ІМ є невирішеною.

Для розробки способу автоматизації процедур інтелектуальної підтримки процесу ЕЗП ІМ необхідно вирішити наступні задачі [2]:

1. На основі системного аналізу діяльності проектувальника ІМ, виявити номенклатуру проблемних ситуацій  $PS_i$ , у яких він опиняється.
2. Визначити номенклатуру інтелектуальних задач  $Z$  і процедур  $P$ , що характеризують проблемну ситуацію  $PS_i$ .
3. Для кожної інтелектуальної задачі  $Z$  й процедури  $P$  видобути експертні знання, необхідні для побудови відповідних математичних моделей і інформаційної підтримки проектувальника ІМ.
4. На підставі знань п.3 розробити систему правил і комплекс моделей дій проектувальника ІМ у кожній проблемній ситуації  $PS_i$ .
5. Розробити програмний комплекс у вигляді системи інтелектуальної підтримки (СІП), що дозволяє здійснити інтелектуальну підтримку процесу ЕЗП ІМ.

Вирішення перших двох задач наведено в [2]. Дана стаття присвячена рішенням задач 3-5.

У результаті проведеного в [2] системного аналізу отримана номенклатура інтелектуальних задач  $Z$  і процедур  $P$ , що характеризують проблемні ситуації  $PS_i$  проектувальника ІМ. Для кожної  $PS_i$ -ї проблемної ситуації з експертів видобутий необхідний для їх рішення об'єм знань (фактів та правил) і розроблено моделі рішень у вигляді вирішуючих І/АБО графів (керуючих стратегій).

Проведений системний аналіз і система експертних знань, послужили основою для науково-практичного результату у вигляді СІП ЕЗП – програмної системи (отримала назву "ЕргоПРИМ"), яка керується за допомогою продукційних правил і складається з трьох основних підсис-

тем: база знань та даних (БЗД), яка містить декларативні та процедурні знання; вирішувача, який містить керуючі знання для отримання логічного висліду на основі цих знань і інтелектуального інтерфейсу (ПФ), який забезпечує взаємодію користувачів з СІП ЕЗП.

Для задачі “Ергономічне проектування ІМ” (стартова вершина), побудовано вирішуюче дерево (рис.1), яке представляє собою модель суджень проектувальника, що вирішує  $i$ -у проблему. Ця задача декомпонується на наступні підзадачі (ПДЗ): визначення загального числа робочих полів (зон) (ПДЗ-1); визначення об’єму інформації в зоні (ПДЗ-2); виділення зони (ПДЗ-3); вибір розташування зони (ПДЗ-4); кодування об’єктів в зоні (ПДЗ-5).

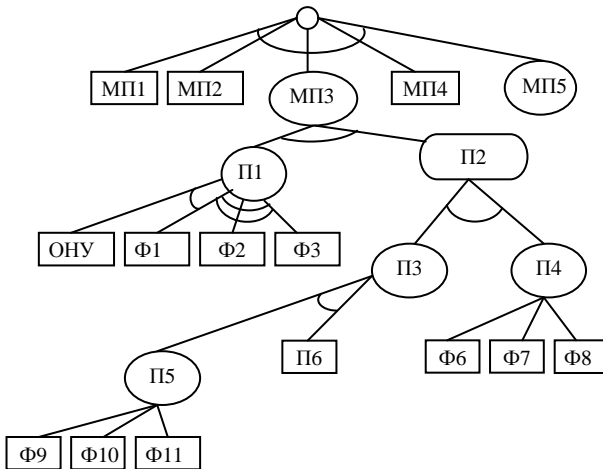


Рис.1 – Приклад ІАБО графу для вирішення задачі "Ергономічне проектування ІМ" і підзадачі ПДЗ-3

І-вершини позначено на рис.1 півкруглими дужками, а цілієві вершини – прямокутниками. Вирішення підзадач 1,2,4 тривіальне та описується у вигляді метаправил МП1, МП2, МП4 відповідно. Наприклад, метаправило МП1 інформує проектувальника ІМ, що число зон має дорівнювати числу найменувань груп ОКК, яке введене експертом з системи керування поїздом конкретного типу.

Дане метаправило в синтаксисі мови Prolog має вигляд:  
число\_зон (X):- write ("Число зон дорівнює числу найменувань груп ОКК", ' ', X).

Для підзадач ПДЗ-3 та ПДЗ-5 необхідно створення підграфів у вигляді мета правил МП3 та МП5 відповідно. Розглянемо вирішення підзадачі ПДЗ-3. Виділити зону на екрані ПК проектувальник може за до-

помогою типу лінії, кольору фону та яскравості. Метаправило МПЗ встановлює той факт, що для вирішення даної підзадачі необхідно, в свою чергу, вирішити підзадачу визначення способу виділення зон згідно правила П1:

*спосіб\_виділення:-*

<i>опитування_наявності_умов (зорова_модальність), % ОНУЗ</i>	
<i>вибір_код (форма, тип_лінії);</i>	<i>% Ф1</i>
<i>вибір_умови (колір_фону);</i>	<i>% Ф2</i>
<i>вибір_вид_алфавіт (яскравість).</i>	<i>% Ф3.</i>

Згідно з цим правилом, необхідно опитати проектувальника про наявність певних умов при кодуванні інформації зоровою модальністю за правилом ОНУЗ, а потім встановити йому (П2-П4), відповідну номенклатуру можливих способів виділення зон: тип лінії (факт Ф1), колір фону (Ф2) та яскравість (Ф3). Оскільки користувач має можливість вибрати як один, так і декілька способів виділення зон, вершина, що відповідає правилу П1, може бути як І так і АБО типу, що позначено на рис.1 подвійними дужками.

Вирішуюче дерево для способу виділення зон побудовано у вигляді правила П2, яке також встановлює оптимальний спосіб пред'явлення коду яскравості. Правило П4 рекомендує оптимальний колір фону зони – білий (Ф6), сіро-блакитний (Ф7), чорний (Ф8) або інший, обраний проектувальником із діалогового вікна палітри кольорів, а правила П3 та П5 – для типів лінії, що використовуються в СІП ЕЗП. Для прикладу на рис.1 наведені три кольори фону та три типи лінії. Їх оптимальність забезпечується завданням оптимальних довжин кодів та дублювання коду тип лінії кольором за правилом П6 у відповідності з яким користувач отримує рекомендації по оптимальному поєднанню кольору лінії та фону.

На рис.1 наведено приклад вирішуючого графа задачі “Ергономічне проектування ІМ”, для випадку, коли при вирішенні підзадачі ПДЗ-3 користувач вирішив скористуватися способами виділення зон, тип лінії та колір фону.

Рішення останньої підзадачі ПДЗ-5, декомпозиується на підзадачу кодування  $n$ -го об'єкта в зоні (ПДЗ-5.1) і підзадачу просторового розташування моделі  $n$ -го об'єкта в зоні (ПДЗ-5.2). Подальша деталізація в даній статті не розглядається.

Декларативні знання (факти предметної області) представлені в СІП у формі позначених константами предикатів (фундаментальних предикатів) виду  $(j): P(x_1, x_2)$ , де  $P$  – назва предиката,  $x_i, i=1,2$  – предметні константи;  $j$  – ім'я факту (у СІП ЕЗП порядковий номер факту в їх множині, яка зберігається в БЗД системи).

Процедурні знання (правила та метаправила) представлено в системі продукційними правилами вигляду:

$$(n); P_i : A_i \rightarrow K_i ,$$

де  $n$  – ім'я продукції, тобто порядковий номер правила (метаправила);  $P_i$  – правило продукції;  $A_i$  – антецедент імплікації (умови застосування правила  $P_i$ );  $K_i$  – консеквент імплікації (оператор, який визначає результат застосування правила  $P_i$ ).

Прототип системи СІП ЕЗП був написаний мовою Visual Prolog 7.0. Після тестування прототипу й корекції помилок, система реалізована мовою Visual Basic for Application у середовищі розробки Visual Studio.Net.

АСК поїздом базується на аналізі відеопотоків, що одержуються від відеокamer, встановлених зовні і всередині кабіни локомотива. Зовнішні камери забезпечує систему даними для розпізнавання всіх значимих об'єктів, що перебувають у фронтальному полі зору машиніста (рейок, їх можливого повороту і ухилу). З використанням БЗД системи керування, відбувається детектування поточної погоди і різних об'єктів зовнішньої сцени, таких як: мости, тунелі, станції, перони тощо. Дві інші камери знаходяться всередині кабіни локомотива і орієнтовані на машиніста для визначення його дій, детектування всіх його переміщень, розпізнавання дій його рук, контролю панелі приладів. Одна з основних функцій такої системи – визначення рівня адекватності дій машиніста: контроль за його головою, за її поворотами, нахилом, і за частотою моргання очей.

Результати інтелектуальної підтримки процесу ергономічного проектування ІМ системи керування поїздом шляхом інтерактивної взаємодії проектувальника з підсистемою ПФ наведено на рис.2, 3. На рис.2 наведено приклад проекту ІМ для ситуації: потяг не рухається і знаходиться на станції; погода – сніг; час доби – день; ухил –  $0^0$ ; видимість – висока; адекватність машиніста – 80%; гальмування немає; зв'язок відключений; сигналу тривоги немає.

На рис.3 наведено приклад проекту ІМ для ситуації: потяг рухається вперед на підйом  $13^0$  зі швидкістю 100 км/год. і повертає праворуч; погода – дощ; час доби – ніч; видимість – низька; адекватність машиніста – 20%; гальмування немає; зв'язок включений; сигнал тривоги включений.

На рис.4 наведено приклад рекомендацій СІП ЕЗП проектувальнику ІМ при вирішенні задачі вибору виду алфавіту при кодуванні об'єкта №1 ("Тревога") у стані №2 ("Да") для зони №2 (у нижній частині ІМ).

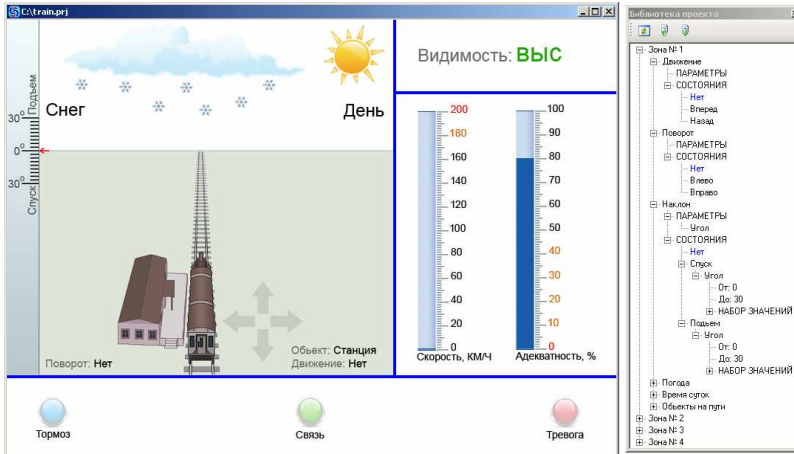


Рис.2 – Приклад інформаційної моделі №1

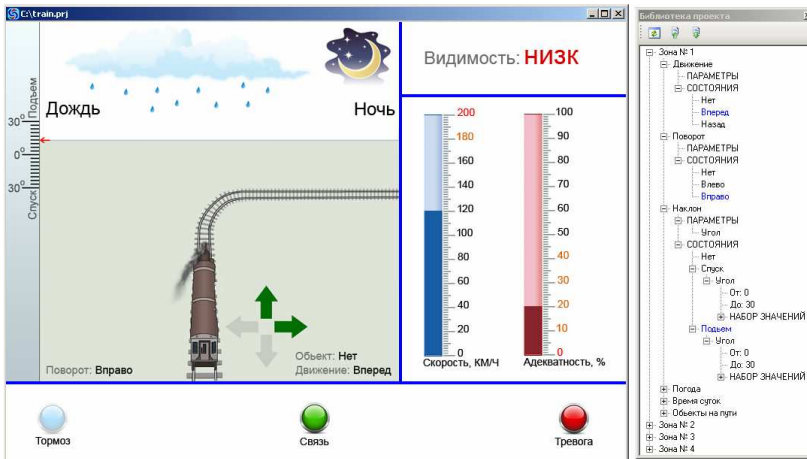


Рис.3 – Приклад інформаційної моделі №2

Практична цінність програмного комплексу полягає в тому, що в ньому забезпечена можливість кодування двома типами модальностей – зоровою та слуховою. Для зорової модальності реалізовані графічні засоби і правила кодування 16 видами алфавіту (форма, розмір, просторова орієнтація, буквено-цифровий, колір, яскравість, частота миготіння і т.д.), а для слухової модальності передбачено кодування двома можливими видами алфавіту – кодування мовними сигналами і коду-

вання звуком.

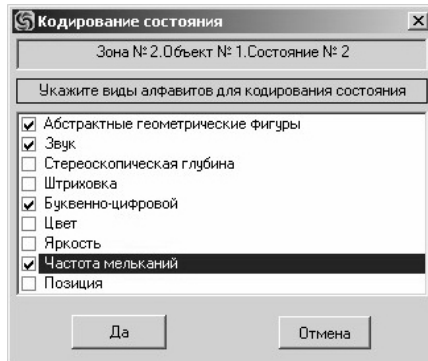


Рис.4 – Вибір алфавіту для кодування стану

Розроблене інформаційне забезпечення, система продукційних правил і комплекс моделей дій проектувальника ІМ у кожній, виявленій в результаті системного аналізу, проблемній ситуації склали спосіб автоматизації процедур інтелектуальної підтримки процесу ЕЗП ІМ. На його основі отримано науково-практичний результат у вигляді СПІ ЕЗП, аналогів якої не існує на ринку програмних продуктів.

1. Системы диспетчерского управления и сбора данных (SCADA-системы) // Мир компьютерной автоматизации. – 1999. – №3 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ankey.ru/tech/scada/intro.htm>.

2. Камінська Ж.К. Аналіз проблем автоматизації процесу ергономічного проектування інформаційних моделей технологічних процесів // Вісник Житомир. держ. технолог. ун-ту. Вип.1 (52). Серія: Технічні науки. – Житомир, 2010. – С.103-108.

3. Ашеров А.Т. Судебно-эргономическая экспертиза несчастных случаев в системах "человек – техника – среда" / А.Т. Ашеров, В.В. Сабадаш. – Харьков: УИПА, 2008. – 145 с.

*Отримано 05.03.2012*

УДК 656.13

В.Г.ОБЩЕНКО

*Автомобильно-дорожный институт ДВНЗ «ДонНТУ», м. Горлівка*

## **МОДЕЛЬ РОЗРАХУНКУ ТРИВАЛОСТІ ВИРОБНИЧОГО ЦИКЛУ ПІДГОТОВЧИХ ОПЕРАЦІЙ ПРОЦЕСУ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ**

Запропоновано нову модель розрахунку тривалості виробничого циклу підготовчих операцій процесу доставки вантажів при паралельно-послідовному способі організації руху предметів праці, яка відрізняється від існуючих одночасним врахуванням кількості паралельних робочих місць та змін кількості предметів праці від операції до операції за умови синхронності виконання робіт на паралельних робочих місцях операцій.