

*У статті наведена можливість застосування методу аналізу ієрархій при функціональному синтезі систем автоматизованого керування. Розглянуто основні етапи методу аналізу ієрархій і представлені чисельні дані порівняння на прикладі пристроїв автоматизованого попередження працюючих на шляхах залізничних станцій*

*Ключові слова: метод аналізу ієрархій, функціональний синтез*

*В статье приведена возможность применения метода анализа иерархий при функциональном синтезе систем автоматизированного управления. Рассмотрены основные этапы метода анализа иерархий и представлены численные данные сравнения на примере устройств автоматизированного предупреждения работающих на путях железнодорожных станций*

*Ключевые слова: метод анализа иерархий, функциональный синтез*

*The article is a method of analysis of hierarchies in functional synthesis of automated control systems. The basic stages of method of analysis of hierarchies are considered and these numeral comparisons are presented on the example of devices of the automated warning of workings on ways railheads*

*Keywords: method of analysis of hierarchies, functional synthesis*

## ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ АНАЛІЗУ ІЄРАРХІЙ ПРИ ФУНКЦІОНАЛЬНОМУ СИНТЕЗІ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ

**Р.В. Турчинов**

Асистент\*

Контактний тел.: (057) 730-10-32

E-mail: roman.kym@rambler.ru

**С.О. Змій**

Асистент\*

пл. Феєрбаха, 7, м. Харків, Україна, 61050

E-mail: onilsergey@rambler.ru

**В.П. Мороз**

Доцент\*

E-mail: onilbd@yandex.ru

**В.І. Мойсеєнко**

Професор\*

**В.Ф. Кустов**

Професор\*

Контактний тел.: (057) 730-10-32

\*Кафедра «Автоматика та комп'ютерне телекерування рухом поїздів»

Українська державна академія залізничного транспорту  
пл. Феєрбаха, 7, м. Харків, Україна, 61050

### Вступ

При проектуванні та модернізації існуючих систем залізничної автоматики необхідно передбачити у їх складі системи автоматичного сповіщення працюючих на коліях. Ця вимога відповідно до [1], є обов'язковою, тому наявність подібних систем у всіх проектних рішеннях не підлягає дискусії. Протягом останніх десятиліть спостерігалась стала тенденція розвитку пристроїв автоматизованого попередження (ПАП), що привело до появи на ринку пропозицій декількох конкуруючих розробок. Ці розробки відрізняються структурою, функціями та принципами технічної реалізації, що стало на заводі створенню єдиної уніфікованої системи.

У зв'язку з цим виникають проблеми, що пов'язані з наявністю суб'єктивних оцінок конкуруючих варіантів і тому постає питання формалізації процесу зіставлення їх показників функціонування.

### Аналіз досліджень та публікацій

У різні роки розглядалися питання рахування окремих показників функціонування технічних або

соціальних систем, на основі детермінованих шкал оцінювання. Останнім часом набули поширення методи нечіткого оцінювання альтернатив започаткованих Заде [2].

Однак, як перший, так і другий напрямки дослідження повною мірою не можуть вважатися достатньо ефективним інструментом. Тому, зважаючи на особливості проблеми, доцільно розглянути метод аналізу ієрархій (МАІ) [3]. Який, на відміну від названих вище, забезпечує ієрархічне представлення елементів. Метою статті є створення теоретичного підґрунтя на основі методу аналізу ієрархій на прикладі пристроїв автоматичного попередження.

### Постановка задачі

Аналіз умов проведення робіт на верхній будові колії показав, що окрім попередження працюючих на коліях про переміщення рухомого складу через місце проведення робіт, також необхідно попереджувати і про такі небезпечні умови роботи, як про:

– немаршрутизовані переміщення через місце проведення робіт;

- переміщення рухомого складу по сусідній колії як при маршрутизованих, так і при немаршрутизованих переміщеннях;
- наявність відмов ПАП;
- інші небезпечні умови роботи, що впливають на безпеку виконання робіт

На основі аналізу небезпечних факторів, які повинні враховуватися при розробці та проектуванні сучасних ПАП, можна сформулювати такі основні функції:

- F1 – попередження не тільки при маршрутизованих переміщеннях, але й при немаршрутизованих переміщеннях;
- F2 – попередження повинно виконуватись декількома засобами;
- F3 – попередження всіх причетних до виконання робіт;
- F4 – попередження працюючих при слідуванні рухомого складу по сусідній колії;
- F5 – попередження декількох бригад одночасно;
- F6 – попередження працюючих про порушення працездатності ПАП.

При впровадженні ПАП необхідно враховувати також і те, що більшість існуючих пристроїв розроблялось для конкретних умов експлуатації, тому виникає проблема: чи можливо використовувати ПАП для інших умов експлуатації? У зв'язку з чим постає задача проведення аналізу ПАП на наявність та повноту виконання основних функцій. З метою визначення найбільш важливих функцій ПАП необхідно провести їх аналіз та відобразити в кількісному виразі важливість цих функцій даних пристроїв. Для реалізації поставленої задачі доцільним та обґрунтованим є використання методу аналізу ієрархій [3].

**Особливості використання методу аналізу ієрархій**

МАІ є системною процедурою для ієрархічного представлення елементів, що визначають суть проблеми. Метод полягає в декомпозиції проблеми на більш прості складові частини та подальшої обробки послідовності суджень особи, що приймає рішення (ОПР) по парним порівнянням. Парні порівняння – це процес згідно з яким ОПР порівнює всі пари об'єктів по певному критерію. Парні порівняння проводяться в термінах домінування одного над іншим. Судження ОПР виражаються у вигляді відношення  $W_i/W_j$ , яке відображається в цілих числах відповідно до шкали переваги [3] та заносяться в клітинки матриці парних порівнянь об'єктів  $A_1$  та  $A_j$  (рис. 1). У результаті може бути виражена відносна ступінь взаємодії елементів в ієрархії. Ці судження потім виражаються чисельно.

	$A_1$	$A_2$	...	$A_n$
$A_1$	$W_1/W_1$	$W_1/W_2$	...	$W_1/W_n$
$A_2$	$W_2/W_1$	$W_2/W_2$	...	$W_2/W_n$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$		$\vdots$
$A_n$	$W_n/W_1$	$W_n/W_2$	...	$W_n/W_n$

Рис. 1. Матриця парних порівнянь

- Для вирішення задачі розглянемо процедури МАІ:
- постановка задачі та визначення цілей дослідження;
  - побудова ієрархії;
  - побудова множини матриць парних порівнянь для кожного з нижніх рівнів;
  - проведення та запис даних по кожному парному порівнянню до матриці;
  - розрахунок оцінки компонент по строкам матриці та нормалізація результату для отримання оцінки вектора пріоритетів;
  - визначення узгодженості матриці парних порівнянь;
  - визначення узгодженості всієї ієрархії.

**Матеріали для аналізу**

Для проведення аналізу обрано п'ять ПАП, за різними критеріями:

- S1 – «Устройство для оповещения о приближении поезда к месту работ» (ВНИИЖТ) [4];
- S2 – «Устройство для передачи информации о месте ремонтных работ на станционных путях» (ВЗИ-ИЖТ) [5];
- S3 – «Устройство для оповещения о приближении поезда к месту работ» (МИИТ) [6];
- S4 – «Сирена СР» (ПКТБ) [7];
- S5 – «Пристрій для оповіщення про наближення потягу під час ремонту залізничних колій» (НДГРІ) [8].

**Методика проведення аналізу**

На першому етапі, у відповідності до постановленої мети досліджень, критеріїв, за яким будуються рівні ієрархії та переліку альтернатив, будується ієрархія порівнянь (рис. 2).



Рис. 2. Ієрархія порівнянь ПАП

Перший рівень ієрархії визначає цільову функцію ПАП – своєчасне попередження працюючих на коліях та причетних до забезпечення безпеки виконання робіт про наближення рухомого складу до місця проведення робіт.

На другому рівні ієрархії представлені функції ПАП, які будуть використовуватись для аналізу в якості критеріїв оцінки. На третьому рівні розглядаються обрані для аналізу ПАП.

На другому етапі метою є отримання вагових коефіцієнтів значимості функцій ПАП, визначення узгодженості матриці за допомогою індексу узгодженості та відношення узгодженості. В результаті аналізу отримано дані, що чисельно характеризують важливість функцій. Отримані дані наведено в табл. 1.

На третьому етапі виконується парний аналіз ПАП до кожної функції – по одній матриці для кожного елемента, що примикає з верхнього рівня. Показники результуючих векторів пріоритетів, що відображають наявність та повноту функцій, заносяться до табл. 2.

Таблиця 1

Числові оцінки матриці парних порівнянь функцій

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	Нормалізовані оцінки вектору пріоритетів
F1	1	3	5	2	7	1/3	0.226
F2	1/3	1	1/3	1/5	3	1/6	0.053
F3	1/5	3	1	1/2	5	1/7	0.086
F4	1/2	5	2	1	3	1/5	0.134
F5	1/7	1/3	1/5	1/3	1	1/9	0.03
F6	3	6	7	5	9	1	0.471
Відношення узгодженості ВУ=0.071							

Таблиця 2

Числові оцінки матриці парних порівнянь пристроїв

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	Коефіцієнт результуючого показника
	Глобальні пріоритети критеріїв						
	0,226	0,053	0,086	0,134	0,03	0,471	
S1	0,304	0,192	0,392	0,461	0,111	0,2	0,272
S2	0,043	0,239	0,419	0,156	0,111	0,2	0,177
S3	0,304	0,44	0,055	0,082	0,111	0,2	0,205
S4	0,043	0,09	0,073	0,082	0,556	0,2	0,142
S5	0,304	0,04	0,061	0,219	0,111	0,2	0,203

Остання колонка даної таблиці це є значення зв'язаних коефіцієнтів результуючого показника, що відображає домінування певного пристрою. Узгодженість всієї ієрархії визначається як добуток кожного індексу узгодженості на пріоритет відповідного критерію та як сума отриманих чисел. Результат ділиться на

вираження такого ж типу, але з випадковим індексом узгодженості, відповідним по розміру до кожної матриці.

На четвертому етапі виконується розрахунок відношення узгодженості, що надає змогу оцінити результати суджень по відношенню до випадково узгодженої матриці.

### Аналіз результатів дослідження

Застосування МАІ надає можливість виконати аналіз ПАП за заданими критеріями оцінювання та відобразити це відношення чисельно. Також метод дозволив отримати чисельну характеристику ступеню важливості функцій ПАП, що надало змогу отримати кінцевий вектор пріоритетів, який показує ступінь переваги одного пристрою над іншим з урахування важливості функцій.

Аналіз результатів парного порівняння функцій ПАП показав, що домінуючою функцією є F6 – сповіщення працюючих про порушення працездатності ПАП. Далі по значимості слідують функції F1 та F4, а потім – F2, F3 та F5.

На підставі цього, можна зробити висновок, що при виборі ПАП необхідно звертати увагу на наявність функцій F6, F1 та F4, які є найбільш важливими при експлуатації ПАП.

Аналіз результатів парного порівняння ПАП показав, що жоден з обраних пристроїв не є домінуючим. При більш детальному аналізі результуючих векторів пріоритетів можна зробити такі висновки, щодо виконання основних функцій:

F6 – жоден пристрій не попереджує працюючих про порушення працездатності ПАП;

F1 – два пристрої не фіксують немаршрутизованих перемішень рухомого складу по станції;

F4 – лише два пристрої фіксують пересування рухомого складу по сусідній з місцем робіт колії;

Інші функції частково присутні в пристроях [4, 5, 8].

### Висновки

Результати аналізу показують, що існуючі ПАП не задовольняють експлуатаційним вимогам, щодо забезпечення безпеки виконання робіт на верхній будові колії. Подальшим напрямком дослідження повинно бути розробка сучасних, функціонально-повних та уніфікованих ПАП.

### Література

1. Правила технічної експлуатації залізниць України [Текст]. Правила від 20.12.1996 № 411, редакція від 01.01.2004 на підставі з1183-03.
2. Заде Л. Гуманистическая система. [Текст] / Л. Заде. - М.: Мир, 1976. – 165с.
3. Саати Т. Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий. [Текст] Т. Л. Саати– М.: Радио и связь, 1989. – 316 с.
4. А.С. 1271783 СССР. В61 L 23/06 Устройство для оповещения о приближении поезда к месту работ [Текст] / Бутиков Г.В., Ваванов Ю.В., Киселёв Н.В., Шевандин М.А. (СССР). – № 3793880/27-11; заявл. 26.09.84; опубл. 23.11.86. Бюл. № 43.

5. А.С. 1546323 СССР. В61 L 23/06 Устройство для передачи информации о месте ремонтных работ на станционных путях [Текст] / Шевандин М.А., Свешников В.И., Эбель Ю.И. (СССР). – № 4274805/27-11; заявл. 03.07.87; опубл. 28.02.90. Бюл. № 8.
6. А.С. 1799781 СССР. В61 L 23/06 Устройство для оповещения о приближении поезда к месту работ [Текст] / Зельвянский Я.А., Чавчанидзе Г.Д., Волков А.В. (СССР). – № 4896399/11; заявл. 26.12.90; опубл. 07.03.93. Бюл. № 9.
7. Пивоварчик Н.И. Система автоматического оповещения «Сирена-СР» [Текст] Н.И. Пивоварчик // Автоматика, связь, информатика. – 2005. – №8. – С.33-35.
8. Пат. №21857 Україна В61 L 23/06 Пристрій для оповіщення про наближення потягу під час ремонту залізничних колій [Текст] / Сліпченко В.Ф., Копійка В.О.; власник Науково-дослідний гірничо-рудний інститут. – №95010039; заявл. 03.06.95; публ. 30.04.98. Бюл. №2.

УДК 629.007.62

# ДОСЛІДЖЕННЯ БЕЗПЕКИ РУХУ НА НЕРЕГУЛЬОВАНИХ ПЕРЕХРЕСТЯХ ПРИ ОБМЕЖЕНІЙ ОГЛЯДОВОСТІ

**Є.Б. Решетніков**

Кандидат технічних наук, професор\*

Контактний телефон: (050) 302-06-10

**Д.В. Овсієнко\***

\*Кафедра організації і безпеки дорожнього руху

Контактний тел.: (050) 216-35-24

E-mail: daniaovsienko@mail.ru

Харківський національний автомобільно-дорожній  
університет

вул. Петровського 25, м. Харків, Україна 61002

*Розглянуто параметри, які впливають на оглядовість водіїв при перетинанні автомобілями нерегульованого нерівнозначного перехрестя зі сторони другорядної дороги*

*Ключові слова: безпека руху, нерегульовані перехрестя, обмежена оглядовість*

*Рассмотрены параметры, влияющие на обзорность водителей при пересечении автомобилями нерегулируемого неравнозначного перекрестка со стороны второстепенной дороги*

*Ключевые слова: безопасность движения, нерегулируемые перекрестки, ограниченная обзорность*

*The parameters that influence on the visibility of drivers at crossing of unsupervised and non-equivalent crossroad from the secondary road are considered*

*Keywords: traffic safety, unsupervised crossroad, limited visibility*

## 1. Вступ

Дослідження та розрахунки які наведені в даній статті відносяться до організації дорожнього руху, а зокрема до організації руху на нерегульованих перехрестях. Вони є одні з самих небезпечних на вуличній мережі, тому потребують детального розгляду та аналізу. Небезпека руху на таких перехрестях зумовлена впливом значної кількості факторів.

## 2. Дослідження безпеки руху на нерегульованих перехрестях

Безпечний проїзд нерівнозначних нерегульованих перехрестя зі сторони другорядної дороги можливий при наявності достатнього інтервалу між автомобілями, що рухаються головною дорогою. Водій спромож-

ній оцінити цей інтервал при наявності достатньої оглядовості, яка здебільшого обмежена автомобілями, які припарковано біля тротуарів головної дороги, блок бардами та ін.

Водій автомобіля, що почав рухатися зі сторони другорядної дороги при відсутності в полі оглядовості автомобілів на головній, вельми часто змушений змінювати режим руху аж до зупинки на пішохідних переходах, або вже на головній дорозі при появі в полі зору автомобіля, що має переважне право для руху. Іноді заходи для запобігання ДТП в таких ситуаціях доводиться застосовувати водіям автомобілів, що рухаються головною дорогою. Втім, в роботі [1] автором було доведено наявність «мертвої зони» - якщо автомобілі з'являються в полі оглядовості водіїв в цій зоні, ніякі їх дії не зможуть привести до запобігання зіткнення. Організація руху на перехресті повинна забезпечувати рух транспорту без використання екстре-