

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ

Антонова Ірина Володимирівна

УДК 004.891+613.62

**СИСТЕМА ОЦІНКИ РИЗИКУ РОЗВИТКУ ПРОФЕСІЙНО ОБУМОВЛЕНИХ  
ЗАХВОРЮВАНЬ НА ОСНОВІ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ**

Спеціальність 05.11.17 – біологічні та медичні прилади і системи

Автореферат  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Харків – 2011

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Національному технічному університеті "Харківський політехнічний інститут", Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України.

**Науковий керівник:**

кандидат технічних наук, доцент  
**Поворознюк Анатолій Іванович,**  
Національний технічний університет  
"Харківський політехнічний інститут",  
професор кафедри обчислювальної техніки та програмування

**Офіційні опоненти:**

доктор технічних наук, професор  
**Піротті Євген Леонідович,**  
Національний технічний університет  
"Харківський політехнічний інститут",  
професор кафедри комп'ютерної математики і математичного  
моделювання

кандидат фізико-математичних наук, доцент  
**Білецький Микола Іванович,**  
Харківський національний університет  
імені В.Н. Каразіна, доцент кафедри  
фізичної та біомедичної електроніки і комплексних  
інформаційних технологій

Захист відбудеться 31 травня 2011 р. о 15<sup>00</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 64.052.05 у Харківському національному університеті радіоелектроніки: 61166, м. Харків, пр. Леніна, 14.

З дисертацією можна ознайомитись в науково-технічній бібліотеці Харківського національного університету радіоелектроніки (61166, м. Харків, пр. Леніна, 14).

Автореферат розісланий 23 квітня 2011 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради



М.М. Рожицький

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** На теперішній час в Україні за умов інтенсивного розвитку хімічної і фармацевтичної галузей промисловості погіршується екологічний стан навколишнього середовища і, як наслідок, зростає кількість хворих, у тому числі, на алергодерматози. Дані про обстеження робітників підприємств хіміко-фармацевтичної промисловості свідчать про високий рівень захворюваності на алергодерматози та інші шкірні захворювання, що, у свою чергу, може призвести до зростання кількості професійних захворювань. Огляд робіт, присвячених дослідженню процесів розвитку професійних або професійно обумовлених захворювань, показує, що до теперішнього часу в достатній мірі сформовані основні наукові уявлення про фактори ризику, які обумовлені шкідливими умовами праці, але майже відсутні роботи з аналізу впливу індивідуальних факторів ризику на розвиток професійно обумовлених захворювань.

Ці обставини обумовлюють актуальність розвитку підходів до профілактики професійних і професійно обумовлених захворювань, що базуються на аналізі факторів ризику та оцінки стану здоров'я робітників на підприємствах хіміко-фармацевтичної промисловості.

На сьогодні запропонована низка критеріїв для оцінки стану здоров'я людини, які враховують рівень фізичного розвитку, ступінь резистентності організму людини, функціональний стан органів і систем, наявність хронічних і спадкових захворювань. Труднощі, що виникають під час оцінки стану здоров'я людини, визначаються відсутністю загальноновизнаних кількісних характеристик поняття індивідуального і групового здоров'я, недостатньо повній вивченості причинно-наслідкових зв'язків в системі "Людина – довкілля", що породжує невизначеність у виборі структури моделі об'єкту, що вивчається. Стандартні методи багатовимірного статистичного аналізу не дають можливості отримати адекватний комплексний критерій індивідуальної оцінки і прогнозу стану здоров'я людини з урахуванням дій різноманітних факторів ризику.

Таким чином, актуальність теми дисертаційної роботи полягає у необхідності розробки системи комплексної оцінки ризику розвитку професійно обумовлених захворювань у робітників підприємств хімічної і фармацевтичної промисловості на основі аналізу як індивідуальних, так і групових факторів ризику.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційне дослідження проводилось на кафедрі "Обчислювальна техніка та програмування" Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут" відповідно до держбюджетної НДР М6018 "Розробка теорії і методів побудови інтелектуальних медичних систем на основі структурної ідентифікації" (№ д/р 0107U000599), а також відповідно до договорів про науково-технічне співробітництво Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут" з ДУ "Інститут дерматології і венерології АМН України" (№ 04/16-08, № 04/55-10) і № 04/20-08 з ДУ "Інститут охорони здоров'я дітей та підлітків АМН

України" (м. Харків). У зазначених темах здобувач був виконавцем окремих розділів.

**Мета і задачі дослідження.** Метою роботи є розробка системи оцінки ризику розвитку професійно обумовлених захворювань на основі індивідуальних і групових факторів ризику.

Для досягнення даної мети необхідно вирішити наступні завдання:

1) провести аналіз існуючих автоматизованих моніторингових медичних систем і методів диференціації станів здоров'я людини з метою обґрунтування актуальності розробки системи оцінки ризику розвитку професійно обумовлених захворювань;

2) побудувати інформативну підмножину факторів ризику, необхідну для задачі прогнозування ризику розвитку професійно обумовлених захворювань;

3) розробити метод урахування спільного впливу індивідуальних факторів ризику на розвиток професійно обумовлених захворювань;

4) виконати комплексну оцінку ризику розвитку професійно обумовлених захворювань за виявленими індивідуальними і груповими факторами ризику;

5) побудувати продукційну модель системи для оцінки ризику розвитку професійно обумовлених захворювань на основі нечіткого логічного висновку, провести її структурну і параметричну ідентифікацію;

6) розробити метод визначення критичного стажу в розвитку професійно обумовлених захворювань з різними рівнями професійного ризику на робочому місці, а також алгоритм оцінки можливості зниження ризику розвитку професійно обумовлених захворювань;

7) розробити структурну схему, інформаційне, алгоритмічне і програмне забезпечення системи оцінки ризику розвитку професійно обумовлених захворювань на основі нечіткої логіки.

**Об'єктом дослідження** є процес впливу факторів ризику на стан здоров'я робітників підприємств хіміко-фармацевтичної промисловості.

**Предметом дослідження** є методи оцінки стану здоров'я робітників, що дозволяють побудувати систему оцінки ризику розвитку професійно обумовлених захворювань на основі нечіткої логіки за умов роботи на підприємствах хіміко-фармацевтичної промисловості.

**Методи дослідження.** Теоретичні дослідження і побудова моделі системи базуються на: загальній теорії систем, яка була застосована для розробки методу оцінки ризику розвитку професійно обумовлених захворювань в умовах шкідливого виробництва; дискримінантному аналізі для розробки методу урахування спільного впливу індивідуальних факторів ризику на розвиток професійно обумовлених захворювань; кластерному аналізі для виділення класів станів здоров'я робітників і відповідних до них рівнів ризику розвитку професійно обумовлених захворювань; математичному апараті нечіткої логіки для побудови правил прийняття рішення і функцій належності та реалізації методу визначення критичного стажу.

**Наукова новизна отриманих результатів** полягає у тому, що:

- вперше запропоновано узагальнений внутрішній фактор ризику – показник, побудований із застосуванням дискримінантного аналізу, який дозволяє враховувати спільний вплив індивідуальних факторів ризику на розвиток професійно обумовлених алергодерматозів [6];

- вперше синтезована продукційна модель оцінки ризику розвитку професійно обумовлених алергодерматозів, яка основана на врахуванні як індивідуальних, так і групових факторів ризику, та дозволяє побудувати систему оцінки ризику розвитку професійно обумовлених алергодерматозів [8];

- вперше запропоновано метод визначення критичного стажу, побудований на основі аналізу індивідуальних кривих динаміки ризику, який дозволяє оцінити можливість зниження ризику розвитку професійно обумовлених алергодерматозів в умовах даного підприємства [3].

### ***Практичне значення отриманих результатів.***

Розроблена система оцінки ризику професійно обумовлених захворювань на основі нечіткої логіки дозволила підвищити вірогідність діагностування професійно обумовлених захворювань.

Система оцінки ризику була застосована для виконання інформаційної підтримки прийняття рішень при оцінці рівня ризику розвитку алергодерматозів, прогнозу оцінки ризику розвитку професійно обумовлених захворювань за індивідуальними кривими динаміки ризику для визначення критичного стажу з вірогідністю 82% у лабораторії алергології ДУ "Інститут дерматології та венерології АМН України", м. Харків (акт впровадження).

Матеріали роботи використовуються в НТУ "ХПІ" у навчальному процесі кафедр "Обчислювальна техніка та програмування" під час вивчення дисциплін "Комп'ютерні системи медичної діагностики" і "Основи обчислювального інтелекту", в курсовому та дипломному проектуванні, а також кафедри "Вища математика" під час викладання спеціальних розділів навчальної дисципліни "Вища математика" (акти впровадження результатів у навчальний процес).

***Особистий внесок здобувача.*** Усі результати дисертації, що виносяться на захист, отримані автором особисто. В роботах, опублікованих у співавторстві, автору належить: метод визначення факторів ризику розвитку професійно обумовлених захворювань на основі однофакторного і двофакторного дисперсійного аналізу, міри ризику [1, 9]; аналіз стану здоров'я обстежених з точки зору теорії неспецифічних адаптаційних реакцій організму [2, 5]; метод оцінки ризику розвитку професійно обумовлених захворювань в групах за стажем на основі теорії кореляційної адаптометрії, виявлення діапазонів критичного стажу [3]; порівняльний аналіз гематологічних показників стану здоров'я в групах ризику [4]; метод урахування спільного впливу внутрішніх факторів ризику розвитку професійно обумовлених алергодерматозів у робітників підприємств хіміко-фармацевтичної промисловості на основі узагальненого внутрішнього фактору ризику – показника, отриманого за допомогою методів дискримінантного аналізу [6]; метод ідентифікації стану здоров'я на основі виявлених зовнішніх і внутрішніх факторів ризику в умовах шкідливого виробництва [7, 11]; продукційна модель системи оцінки ризику розвитку професійно обумов-

лених захворювань на основі нечіткої логіки [8, 12, 13]; застосування оцінки ризику розвитку професійно обумовлених захворювань в системах корпоративного страхування [10].

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення дисертаційної роботи доповідалися і обговорювалися на наступних міжнародних конференціях: Міжнародна науково-практична конференція "Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я" ("MicroCAD"), Харків, НТУ "ХПІ", 17-18 травня 2007 р., 4-6 червня 2008 р., 20-22 травня 2009 р., 12-14 травня 2010 р.; Міжнародна конференція "Контроль і управління в складних системах" ("КУСС"), Вінниця, ВНТУ, 21-24 жовтня 2008 р.; Міжнародний радіоелектронний Форум "Прикладна радіоелектроніка. Стан і перспективи розвитку", Харків, ХНУРЕ, 22-24 жовтня 2008 р.; Міжнародна наукова конференція "Інтелектуальні системи ухвалення рішень і проблеми обчислювального інтелекту" ("ISDMCI"), Євпаторія, ХНТУ, 18-22 травня 2009 р., 17-21 травня 2010 р.; Міжнародна науково-практична конференція "Сучасні інформаційні і електронні технології" ("СІЕТ"), Одеса, ОНПУ, 24-28 травня 2010 р.; Міжнародна конференція "Проблеми інформатики і моделювання" ("ПІМ"), Ялта, НТУ "ХПІ", 27-29 вересня 2010 р.

**Публікації.** Основні положення і результати дисертації опубліковані в 13 роботах: 8 статей в українських наукових виданнях, що входять до переліку ВАК України, 5 тез доповідей на міжнародних наукових конференціях.

**Структура і обсяг роботи.** Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, у яких викладено основні результати роботи, висновків, списку використаних літературних джерел і додатків. Повний обсяг дисертації становить 229 сторінок, серед яких 1 ілюстрація на окремій сторінці, 39 таблиць і 41 ілюстрація за текстом, 9 додатків на 60 сторінках, список використаних літературних джерел з 170 найменувань на 17 сторінках.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовується актуальність теми дисертації, сформульовані мета та завдання роботи, її наукова новизна і практична цінність, наведена її загальна характеристика.

У **першому розділі** проведено аналіз задачі оцінки ризику розвитку професійно обумовлених захворювань в умовах шкідливого виробництва. При цьому відзначено, що сучасний підхід до оцінки стану здоров'я людини виділяє здоров'я окремої людини (індивідуальне здоров'я) і групове або громадське здоров'я. На теперішній час розроблено декілька підходів до оцінки стану здоров'я людини, розроблені відповідні кількісні показники, які, як правило, оцінюють персональне самопочуття, наявність або відсутність захворювань, фізичний стан і розвиток, працездатність та інше. Під час оцінки групового здоров'я застосовують спеціальні критерії, найбільш відомими з яких є підсумкові чинники здоров'я – показники, що розраховуються за моделями демографічних таблиць дожиття. Стан громадського здоров'я кожної країни оцінюється на основі аналізу епідеміологічних даних. Наведені чинники здо-

ров'я або складні в застосуванні, або не придатні для прогнозування ризику розвитку захворювань.

У результаті аналізу використання чинників стану здоров'я щодо прогнозування ризику розвитку захворювань як у окремої людини, так і групи людей було зроблено висновок про необхідність виявлення факторів ризику (ФР) – станів, що спричиняють виникнення і розвиток хвороб. До теперішнього часу розроблені деякі підходи до виявлення ФР, тобто до встановлення факту їх впливу на стан людини або групи людей. Складність цієї задачі обумовлена тим, що ФР і хвороба не завжди мають у своїй основі причинно-наслідковий зв'язок. Особливі труднощі виникають під час виявлення індивідуальних і групових ФР професійно обумовлених захворювань (ПОЗ).

З огляду на складність проблем дослідження різних аспектів розвитку ПОЗ, у роботі ставиться завдання створення системи оцінки ризику розвитку ПОЗ з урахуванням дії спільного впливу усіх можливих ФР, яка не замінить лікаря-експерта, а забезпечить йому відповідну допомогу для своєчасної організації індивідуальних профілактичних заходів. На основі проведеного аналізу обґрунтовуються напрямки дослідження.

У **другому розділі** формалізована задача оцінки ризику розвитку ПОЗ, обґрунтований вибір математичних методів її реалізації і необхідність застосування математичного апарату нечітких множин для побудови системи оцінки ризику розвитку ПОЗ.

Для оцінки ризику розвитку ПОЗ необхідно визначити усі можливі (як індивідуальні, так і групові) ФР і розробити систему, яка враховує їх спільний вплив на розвиток ПОЗ.

Для виявлення ФР множина  $\Omega$  досліджуваних робітників підприємства хіміко-фармацевтичної промисловості (ХФП) розбивається на групи  $\Omega_p$  ( $p = \overline{1, k_0}, \Omega_p \in \Omega$ ), які відповідають значенням  $X_0^{(1)}, X_0^{(2)}, \dots, X_0^{(k_0)}$  цільової ознаки  $X_0$ . З цією метою, зважаючи на слабку структурованість множини  $\Omega$ , доцільно використовувати метод експертних оцінок.

Значенням цільової ознаки  $X_0$  відповідають стани здоров'я робітників  $S_p$  ( $p = \overline{1, k_0}$ ) з різним рівнем ризику розвитку ПОЗ.

Методами статистичного аналізу будується підмножина ФР  $X_{FR}$  множини ознак  $\hat{X}_j$  ( $j = \overline{1, N}$ ), для яких встановлений їх значимий вплив на цільову ознаку  $X_0$ . Наявність впливу окремої ознаки  $\hat{X}_j \in X$  або її градації  $\hat{X}_j^{(l)}$  ( $l = \overline{1, n_j}$ ) на значення цільової ознаки  $X_0$  встановлюється за допомогою багатфакторного дисперсійного аналізу. Виділена на цьому етапі множина  $X_{FR}$  ознак  $X_j$  ( $j = \overline{1, n}$ ) є множиною ФР.

Для ранжирування ФР  $X_j \in X_{FR}$  за силою їх впливу на значення цільової ознаки  $X_0$  проводиться оцінка сили цієї дії за допомогою показника відносного ризику  $RR$ .

З метою зменшення об'єму апріорної інформації про обстежених  $A_i$  ( $i = \overline{1, m}$ ) на основі індивідуальних ФР  $X_j \in X_{FR}^{(c)}$  ( $j = \overline{1, n_c}$ ,  $X_{FR}^{(c)}$  – множина факторів ризику, що не змінюються з часом) будується інтегральний показник  $I_{FR}$  – узагальнений внутрішній ФР. Застосування для цієї мети методів дискримінантного аналізу дає можливість за допомогою показника  $I_{FR}$  визначити для кожного обстеженого  $A_i$  відповідне значення  $X_0^{(k_i)}$  ( $k_i \in K$ ) цільової ознаки  $X_0$ , тобто його стан  $S_{k_i}$ . Таким чином, оцінка рівня ризику визначатиметься за значеннями дискримінантних функцій  $y_q = f(\bar{X}_{FR})$  ( $q = \overline{1, k_0 - 1}$ ), що розділяють стани  $S_{k_i}$  з різним рівнем ризику розвитку ПОЗ.

Для комплексної оцінки ризику розвитку ПОЗ у доповненні до узагальненого внутрішнього ФР  $I_{FR}$  визначаються рівні адаптованості робітників ХФП в умовах шкідливого виробництва і проводиться оцінка групового ризику розвитку ПОЗ на основі аналізу типів реакцій адаптації і методу кореляційної адаптометрії (рис. 1).

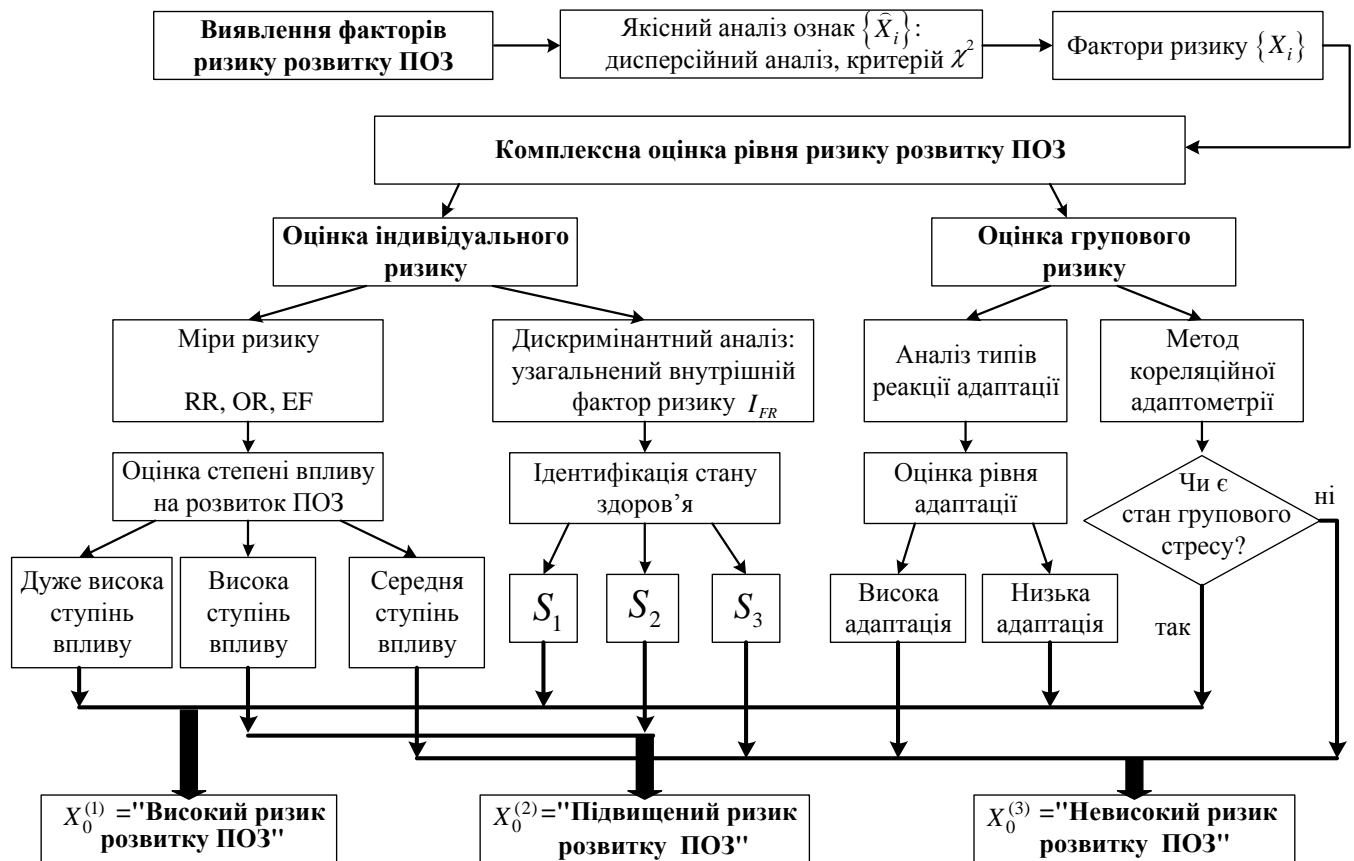


Рис 1. Схема оцінки ризику розвитку ПОЗ

Оскільки ФР  $X_j \in X_{FR}$  ( $j = \overline{1, n}$ ) не є симптомами захворювань, то правила прийняття рішення, побудовані на основі комплексної оцінки ризику розвитку ПОЗ, доцільно реалізувати на основі математичного апарату нечіткої логіки, що дозволить побудувати продукційну модель системи – базу правил прийняття рішення – на



множині лінгвістичних змінних  $\tilde{X}_j$  ( $j = \overline{0, n}$ ). Нечіткий логічний висновок у системі передбачається здійснювати за схемою Мамдані (Mamdani), оскільки в цьому випадку, як правило, не виникає труднощів зі змістовною інтерпретацією її параметрів і поясненням логічного висновку.

Побудова моделі системи проводиться під час її структурної і параметричної ідентифікації. В процесі структурної ідентифікації відбувається формування нечіткої бази знань, що відображає зв'язок між входами і виходом моделі за допомогою лінгвістичних правил "ЯКЩО – ТО". Також визначаються типи функцій належності і задаються первинні значення їх параметрів.

В ході параметричної ідентифікації параметри нечіткої бази знань налаштовуються так, щоб мінімізувати відхилення модельних даних від експериментальних. Параметрами, що налаштовуються, є коефіцієнти функцій належності  $\mu^{jp}(\tilde{X}_i)$  нечітких термів і ваги лінгвістичних правил  $\omega_{jp}$  ( $i = \overline{1, n}$ ,  $j = \overline{1, k_0}$ ,  $p = \overline{1, q_j}$ , де  $q_j$  – кількість правил, у яких вихід  $\tilde{X}_0$  оцінюється термом  $\tilde{X}_0^j$ ).

Результатом роботи побудованої системи є оцінки ризику  $\theta_R$  – дефазифіковані значення вихідної лінгвістичної змінної  $\tilde{X}_0$ . Для визначення рівня ризику розвитку ПОЗ необхідно за допомогою кластерного аналізу розбити отриману сукупність оцінок  $\theta_R$  на групи, що відповідають станам ризику розвитку ПОЗ. Під час проведення кластерного аналізу спочатку за допомогою ієрархічної процедури визначається оптимальна кількість кластерів оцінок  $\theta_R$ , а коли кількість кластерів вже відома, застосовується метод  $c$ -середніх. "Буферна зона", що утворюється при цьому, містить значення оцінок  $\theta_R$ , які в тій або іншій мірі належать одночасно двом сусіднім кластерам. Щоб визначити міру належності кластерам об'єктів "буферної зони" необхідно провести нечіткий кластерний аналіз  $c$ -середніх.

Результатом нечіткого кластерного аналізу є отримані значення центрів  $\theta_R^{(j)}$  кластерів  $\tilde{S}_j$  ( $j = \overline{1, k_0}$ ), які відповідають різним рівням ризику розвитку ПОЗ, а також  $\mu_j$  – міра належності кількісної оцінки  $\theta_R$  кластеру  $\tilde{S}_j$  для робітника  $A_i$  ( $i = \overline{1, m}$ ).

Під час тестування для кожного робітника  $A_i$  система визначає на момент обстеження  $t = t_0$  оцінку  $\theta_R$ , залежну від наявності тих або інших індивідуальних і групових ФР розвитку ПОЗ, а також рівня адаптованості до шкідливих умов праці. Це, у свою чергу, дає можливість побудувати індивідуальні криві динаміки ризику  $L_i$  ( $i = \overline{1, m}$ ), задаючи деяку функціональну залежність  $\theta_R$  від стажу  $t$  (рис. 2). Аналіз динаміки показника  $\theta_R$  за індивідуальними кривими  $L_i$  ризику дозволяє встановити критичний стаж у розвитку ПОЗ для робітника  $A_i$  (тобто стаж з найвищим ризиком розвитку ПОЗ).

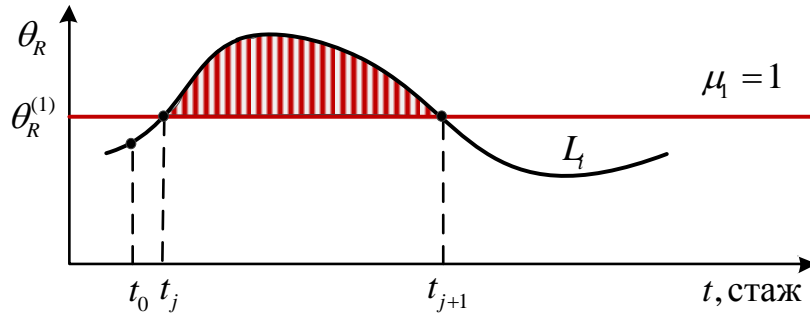


Рис. 2. Визначення критичного стажу за індивідуальною кривою динаміки оцінки ризику

Якщо  $\theta_R \geq \theta_R^{(1)}$ , де  $\theta_R^{(1)}$  – центр кластера  $\tilde{S}_1$ , який відповідає високому рівню ризику розвитку ПОЗ, то міра належності  $\mu_1$  поточного значення  $\theta_R$  високому рівню ризику для обстеженого робітника  $A_i$  дорівнює 1.

Усі ділянки індивідуальної кривої  $L_i$  ( $i = \overline{1, m}$ ) динаміки ризику розвитку ПОЗ залежно від стажу роботи  $t$  на ХФП, що знаходяться вище за пряму  $\theta_R = \theta_R^{(1)}$ , відповідатимуть діапазнам критичного стажу в розвитку ПОЗ. На рисунку цей діапазон відповідає інтервалу часу  $[t_j; t_{j+1}]$  стажу роботи на ХФП.

У процесі роботи на підприємстві у робітника  $A_i$  можуть бути змінені умови праці – характер зв'язку місця роботи з професійними шкідливостями (градації ознаки  $X_9$ ="Місце роботи"). Варіювання на вході системи значення ознак  $X_{10}$ ="Стаж" і  $X_{11}$ ="Вік" дозволяє здійснити моделювання динаміки показника  $\theta_R$  з урахуванням гіпотетичних змін умов праці, яке породжує сім'ю  $\{L_i^{(r)}\}$  індивідуальних кривих ризику, де  $r$  – кількість градацій ознаки  $X_9$ . Аналіз цих кривих дозволяє оцінити для кожного обстеженого  $A_i$  принципову можливість зниження цього ризику (рис. 3).

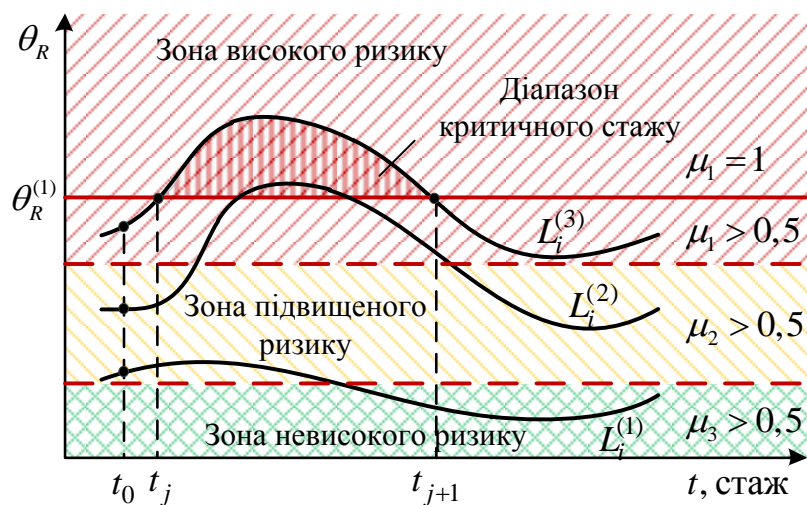


Рис. 3. Індивідуальні криві динаміки оцінки ризику розвитку ПОЗ

Оцінку можливості зменшення ризику розвитку ПОЗ обстеженого робітника  $A_i$  будемо проводити за алгоритмом, що наданий на рис. 4.

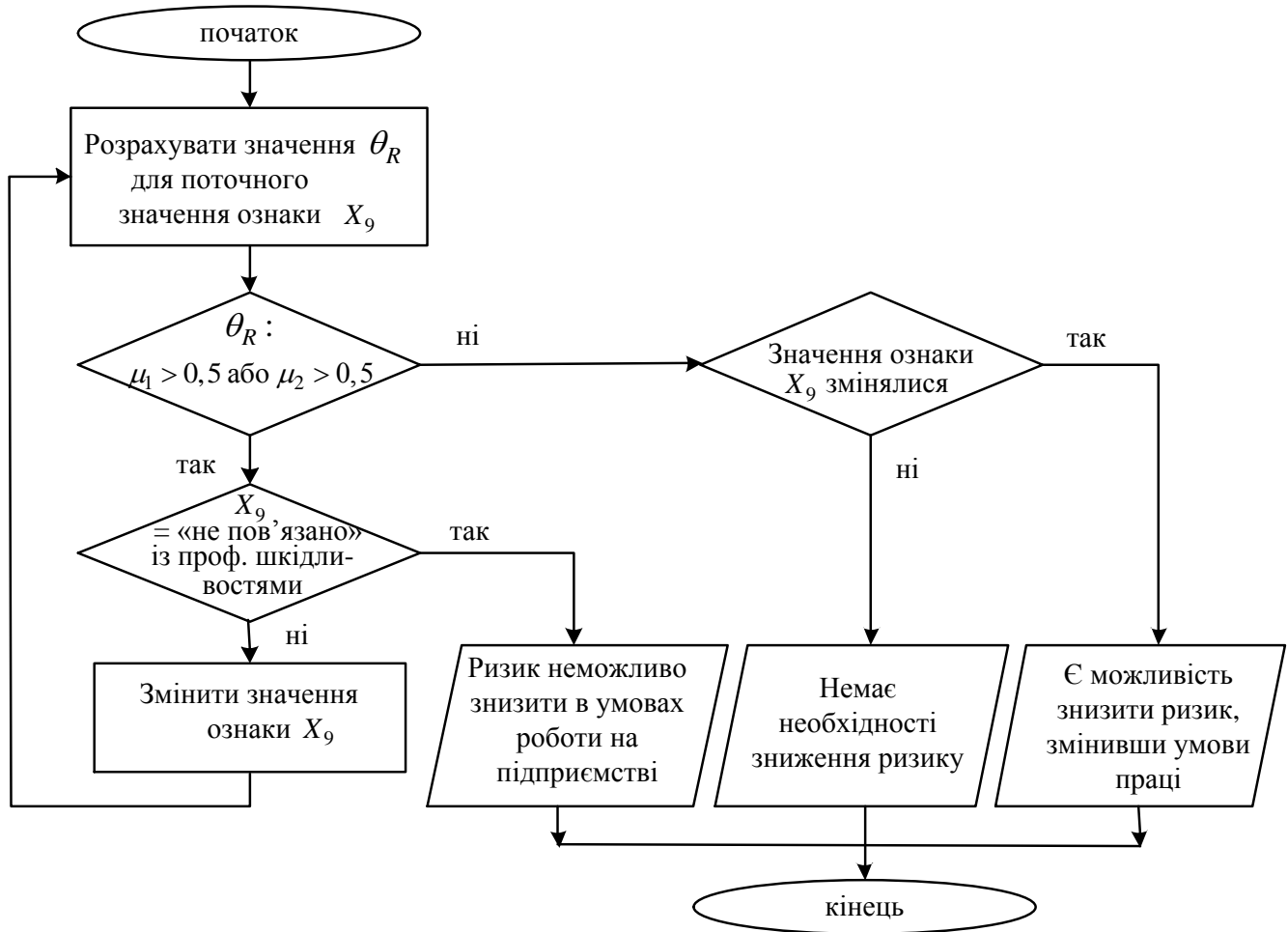


Рис. 4. Алгоритм оцінки можливості зниження ризику розвитку ПОЗ для робітників ХФП

Наявність інформації про критичний стаж є найважливішою складовою при формуванні пакету послуг медичного страхування випадків розвитку професійних алергодерматозів у робітників ХФП, а також дозволяє в умовах медсанчастини підприємства приймати рішення про призначення індивідуальних курсів профілактики.

У **третьому розділі** сформована множина ФР, проведена оцінка їх впливу на розвиток ПОЗ, побудований узагальнений внутрішній ФР, виявлені закономірності розвитку адаптаційних реакцій і стан "групового стресу" у робітників ХФП.

За результатами експертних оцінок множина  $\Omega$  обстежуваних робітників ХФП була поділена на три групи ( $k_0 = 3$ ):  $\Omega_1$  – обстежені, які мають або мали алергічні захворювання в анамнезі,  $\Omega_2$  – обстежені, які мають різноманітні соматичні захворювання,  $\Omega_3$  – практично здорові. Вище означені групи відповідають таким рівням ризику розвитку ПОЗ:  $X_0^{(1)}$ ="Високий ризик розвитку ПОЗ",  $X_0^{(2)}$ ="Підвищений ризик розвитку ПОЗ",  $X_0^{(3)}$ ="Невисокий ризик розвитку ПОЗ".

Множина  $\Omega$  аналізувалася на наявність ФР розвитку ПОЗ за 11 ознаками. Проте насправді не ознака є ФР, а її градація. Тому початкова кількість потенційних ФР визначена загальною кількістю градацій ознак – 54.

За допомогою однофакторного і двофакторного дисперсійного аналізу, а також критерію  $\chi^2$  серед ознак  $\hat{X}_j \in X$  ( $j = \overline{1,11}$ ) для подальших досліджень були виділені ознаки  $X_6$  ("Місяць народження", 12 градацій),  $X_7$  ("Рік народження", 12 градацій),  $X_9$  ("Місце роботи", 3 градації), а також об'єднання ознак  $X_1$  ("Стать") і  $X_5$  ("Колір волосся", 3 градації),  $X_1$  і  $X_{10}$  ("Стаж", 5 градацій),  $X_1$  і  $X_{11}$  ("Вік", 4 градації),  $X_9$  і  $X_{10}$ ,  $X_9$  і  $X_{11}$ , вплив яких є значимий на розвиток ПОЗ. ФР розвитку ПОЗ в умовах ХФП були визначені серед градацій цих ознак за допомогою таблиць спряженості. Оцінка міри впливу ФР на розвиток ПОЗ була проведена за допомогою показника відносного ризику  $RR$ .

Міра відносного ризику розраховується як відношення питомих часток  $\gamma_j^{(l)}$  і  $\gamma_j^{(q)}$  хворих на алергічні захворювання в досліджуваних парах градацій  $X_j^{(l)}$  і  $X_j^{(q)}$  ознаки  $X_j$ , тобто  $RR = \frac{\gamma_j^{(q)}}{\gamma_j^{(l)}}$ .

Для максимального використання наявної інформації про об'єкти  $A_i$  ( $i = \overline{1,m}$ ) за допомогою методів дискримінантного аналізу був побудований інтегральний показник  $I_{FR}$  – узагальнений внутрішній ФР, що дозволяє, з одного боку, врахувати спільний вплив внутрішніх ФР без втрати інформації про вплив кожного з них, а з іншого боку, використовувати його як правило класифікації обстежених відповідно до рівнів ризику розвитку ПОЗ.

Для побудови дискримінантних функцій (ДФ)  $y_1$  і  $y_2$  застосовувалися методи "step-by-step" і одночасного врахування змінних. Оскільки якість класифікації цих функцій в середньому склала 44,3% (метод "step-by-step") і 48,5% (метод одночасного врахування змінних), що є недостатнім для їх подальшого використання, то для підвищення якості класифікації був запропонований метод, який зводиться до послідовного розв'язання двох задач:

- 1) побудова ДФ  $y_1$ , що відділяє стан здоров'я  $S_1$  від станів  $S_2$  та  $S_3$ ;
- 2) побудова ДФ  $y_2$ , що розділяє стани  $S_2$  і  $S_3$  об'єктів  $A_i \in (\Omega_2 \cup \Omega_3)$ , об'єднаних на попередньому кроці (рис. 5).

Побудовані в результаті дискримінантного аналізу ДФ  $y_1$  і  $y_2$  містять 14 з 37 градацій 7 індивідуальних (внутрішніх) ознак. Кожна з ДФ  $y_1$  і  $y_2$  є узагальненим внутрішнім ФР  $I_{FR}$  ( $I_{FR}^{(1)}$  і  $I_{FR}^{(2)}$  відповідно). До складу побудованих ДФ увійшли наступні градації ознак:  $X_1^{(1)}$ ,  $X_1^{(2)}$  – "Стать";  $X_2^{(1)}$ ,  $X_2^{(2)}$  – градації ознаки "Група крові" зі значеннями "Група крові 1(0)" і "Група крові 2(A)" відповідно;  $X_3$  – "Резус-фактор";  $X_4^{(3)}$  – градація ознаки "Конституційні особливості" зі значенням "Гіперстенік";  $X_5^{(2)}$  – градація ознаки "Колір волосся" зі значенням "Шатен";  $X_6^{(4)}$ ,  $X_6^{(6)}$ ,

$X_6^{(7)}$ ,  $X_6^{(8)}$ ,  $X_6^{(10)}$  – градації ознаки "Дата народження";  $X_7^{(1)}$ ,  $X_7^{(5)}$ ,  $X_7^{(11)}$  – градації ознаки "Рік народження". Якість класифікації в середньому склала 69,8% для ДФ  $y_1$  і 63,4% для ДФ  $y_2$  відповідно, що є достатнім для їх подальшого використання.

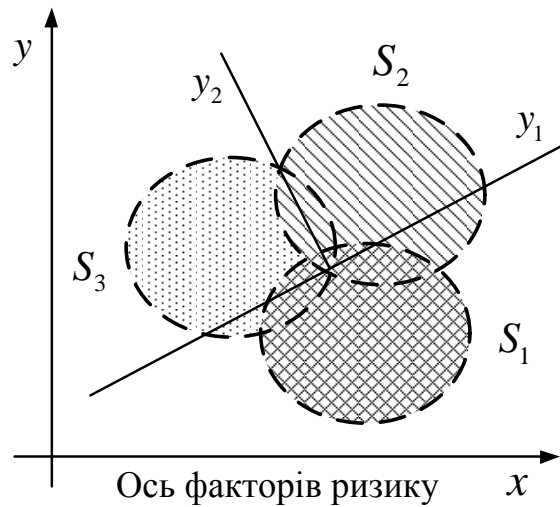


Рис. 5. Схематичне уявлення ураховання спільного впливу внутрішніх ФР за допомогою дискримінантного аналізу

За допомогою побудованих ДФ з певною мірою точності можна ідентифікувати стани  $S_j$  ( $j = \overline{1,3}$ ) об'єктів  $A_i$  ( $i = \overline{1,m}$ ), що відповідають значенням цільової ознаки  $X_0^{(k_0)}$  ( $k_0 = \overline{1,3}$ ) залежно від наявних у нього внутрішніх ФР  $\{X_{1i}, X_{2i}, \dots, X_{qi}, \dots, X_{ni}\}$ , тобто визначити рівень ризику розвитку ПОЗ.

Оцінка групового ризику розвитку ПОЗ проводилася на основі аналізу закономірностей розвитку адаптаційних процесів у робітників ХФП. Типи реакцій адаптації визначалися за значеннями показника  $I_{AD}$  – адаптаційного індексу. Незважаючи на те, що значення  $I_{AD}$  і відповідний йому тип реакцій адаптації є нестійкою характеристикою обстеженого, середні значення адаптаційного індексу дозволили дати оцінку адаптованості груп робітників до шкідливих умов праці.

Аналіз впливу ФР на характер адаптаційних процесів показав, що за допомогою індексу  $I_{AD}$  можлива ідентифікація станів  $S_1$  і  $S_2$  згідно градації  $X_{11}^{(3)}$  (вік "40-49 років"), а також в об'єднаннях градацій  $X_1^{(2)}$  (стать "жіноча") з  $X_9^{(3)}$  (місце роботи "пов'язано" з професійними шкідливостями),  $X_{10}^{(1)}$  (стаж "до 5 років"),  $X_{10}^{(4)}$  (стаж "16-20 років"),  $X_{11}^{(3)}$ , і об'єднання  $X_9^{(3)}$  з  $X_{11}^{(3)}$ ; станів  $S_2$  і  $S_3$  в об'єднаннях градації  $X_1^{(2)}$  з  $X_9^{(3)}$ ,  $X_1^{(2)}$  з  $X_{10}^{(4)}$ ,  $X_1^{(2)}$  з  $X_{11}^{(3)}$ .

Застосування методу кореляційної адаптометрії дозволило виявити стани "групового стресу", які відповідні діапазнам стажу і віку з найбільшим за величиною впливу на стан здоров'я робітників кумулятивним ефектом. З цією метою досліджувалася динаміка вагів  $G$  кореляційних графів одночасно з розподілом часток хворих на алергічні захворювання в групах обстежених робітників.

На рис. 6 представлена порівняльна динаміка по групах за стажом частки хворих на алергічні захворювання і величин  $G$ , що відповідають їм, для ознаки  $X_1$ ="Стать" (градація  $X_1^{(2)}$ ="Жіноча").

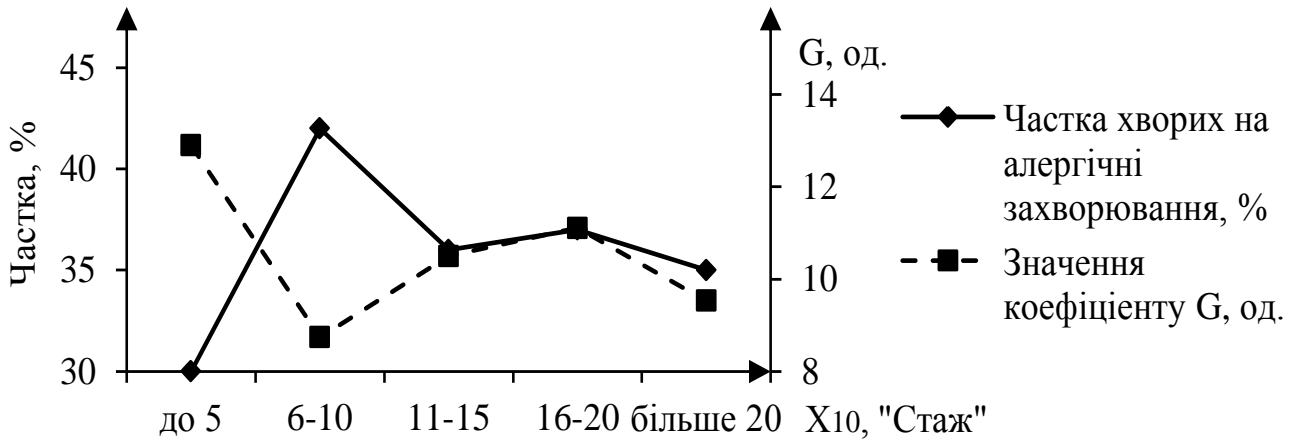


Рис. 6. Розподіл часток хворих на алергічні захворювання і відповідних величин  $G$  за ознакою  $X_{10}$  для ознаки  $X_1$  (градація  $X_1^{(2)}$ )

Аналіз кривих показав, що мобілізація фізіологічного резерву, максимум компенсаторної реакції організму ("ефект групового стресу") доводиться на групу за стажом  $X_{10}^{(1)}$  ("до 5 років"), що відповідає періоду власне адаптації і легкій формі наявних захворювань, зокрема, частка жінок, хворих на алергічні захворювання, в цій групі за стажом незначна. У групі за стажом  $X_{10}^{(2)}$  ("6-10 років") вага  $G$  кореляційного графа відповідає стану перенапруження, порушенню нормального функціонування процесу адаптації, посиленню тяжкості патологічних процесів; частка жінок, хворих на алергічні захворювання, в цій групі за стажом максимальна. Таким чином, найбільший ризик розвитку ПОЗ у жінок доводиться на групу за стажом  $X_{10}^{(2)}$ .

Таким чином, за допомогою методу кореляційної адаптометрії були виявлені стани "групового стресу": найбільший ризик розвитку професійно обумовлених захворювань у чоловіків доводиться на групу за стажом  $X_{10}^{(3)}$  ("більше 20 років") і вікову групу  $X_{11}^{(4)}$  ("50 і більше років"), у жінок – на групу за стажом  $X_{10}^{(2)}$  ("6-10 років") і вікову групу  $X_{11}^{(3)}$  ("40-49 років").

В цілому на основі проведеної комплексної оцінки ризику розвитку ПОЗ було виділено 21 градацію досліджуваних ознак в якості самостійних ФР, а також сформовано 5 інтегрованих ознак на основі об'єднань 19 градацій. Таким чином було сформовано інформативну підмножину ФР, необхідну для побудови правил прийняття рішення для задачі прогнозування ризику розвитку ПОЗ.

У четвертому розділі розроблена структура і програмне забезпечення системи оцінки ризику розвитку ПОЗ, визначені функціональні характеристики її модулів, проведена її структурна і параметрична ідентифікація, а також оцінка якості, запропоновані метод визначення критичного стажу і алгоритм оцінки можливості зниження ризику розвитку ПОЗ.

Модель системи "Ризик" оцінки ризику розвитку ПОЗ побудована на базі правил нечіткого логічного висновку, які відображають знайдені закономірності розвитку ПОЗ в умовах ХФП.

Структура розробленої системи має наступні модулі: інтерфейс користувача; базу даних робітників ХФП; базу знань, що включає базу правил, вагів, функцій належності, а також навчальну вибірку; модуль нечіткого логічного висновку; модуль навчання системи, який включає засоби для проведення параметричної оптимізації системи в режимі навчання; модуль роз'яснень, що надає користувачеві результати розрахунків та їх інтерпретацію (рис. 7).

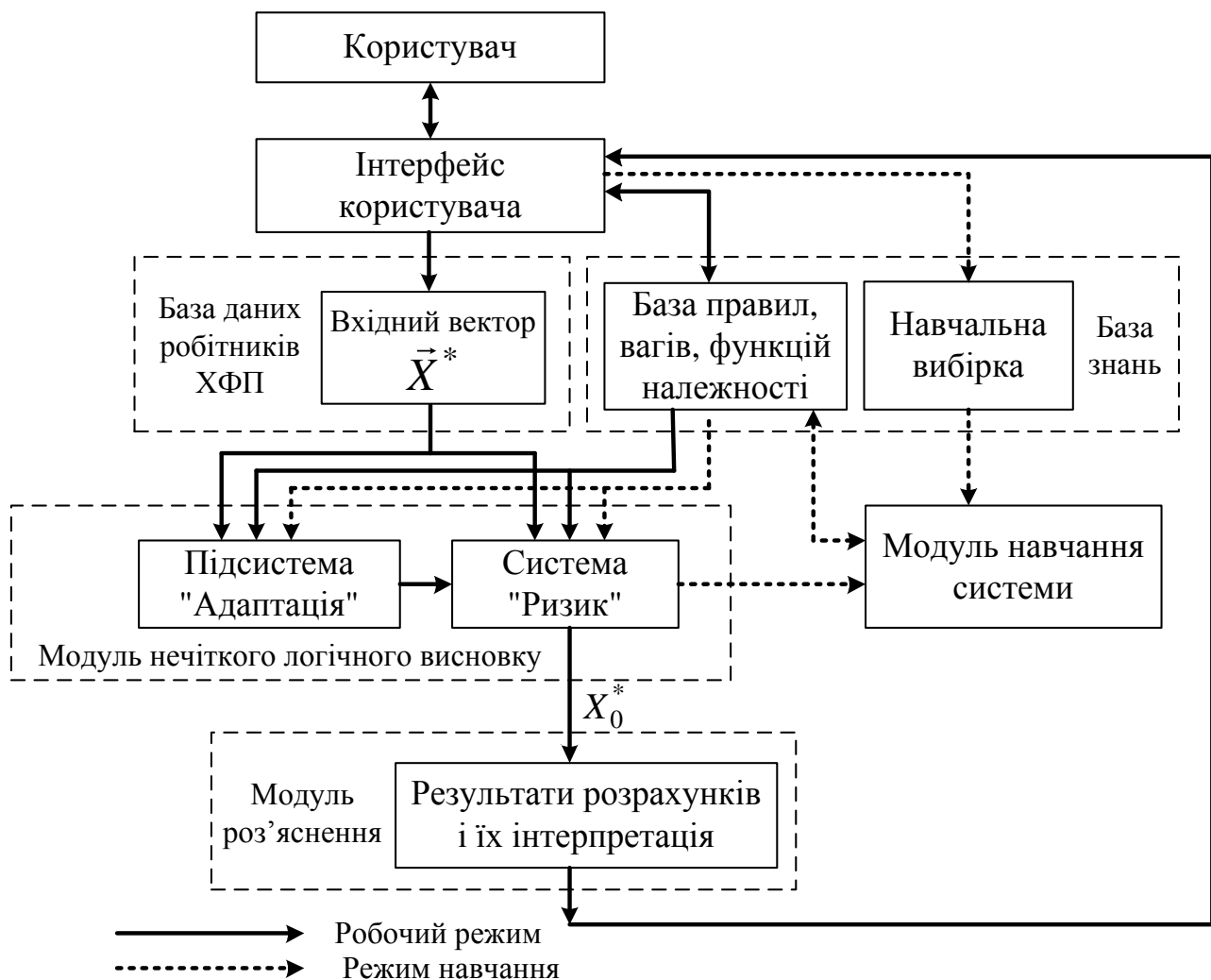


Рис. 7. Структура системи оцінки ризику розвитку ПОЗ

Для підвищення якості розпізнавання станів здоров'я обстежуваних робітників була проведена параметрична оптимізація моделі системи.

Головне меню системи має наступні розділи:

- "Картотека", який дозволяє вводити нову інформацію (підпункт "Нова картка"), редагувати наявну інформацію (підпункт "Відкрити..."), проводити пошук існуючої картки (підпункт "Пошук").

- "Експертна система", де здійснюється логічний висновок за запитом користувача у таких режимах: оцінка рівня адаптації, оцінка  $\theta_R$  ризику розвитку ПОЗ та ступені належності оцінки  $\theta_R$  різним рівням ризику розвитку ПОЗ, розрахунок критичного стажу з оцінкою можливості зниження рівня ризику розвитку ПОЗ.

- "База знань", який дозволяє вводити нові правила прийняття рішення до бази знань нечіткого логічного висновку з оцінки адаптації або ризику розвитку ПОЗ, редагувати існуючі правила прийняття рішення і параметри функцій належності, здійснювати налаштування системи.

Виконано тестову перевірку системи на реальній базі даних, яка містить інформацію про 364 робітників фармацевтичної фірми "Здоров'я" м. Харкова. Якість розробленої системи в середньому склала близько 82% адекватних оцінок в порівнянні з оцінками експертів, що говорить про ефективність її роботи (табл. 1).

Таблиця 1

Розподіл оцінок  $\theta_R$  по станах  $\tilde{S}_j$ 

Розподіл оцінок $\theta_R$	Кількість робітників $A_i$			$\Sigma$	Частка, %		
	$\tilde{S}_1$ ( $\mu_1 > 0,5$ )	$\tilde{S}_2$ ( $\mu_2 > 0,5$ )	$\tilde{S}_3$ ( $\mu_3 > 0,5$ )		$\tilde{S}_1$	$\tilde{S}_2$	$\tilde{S}_3$
$\Omega_1$	<b>104</b>	16	4	124	<b>84</b>	13	3
$\Omega_2$	18	<b>102</b>	6	126	14	<b>81</b>	5
$\Omega_3$	12	10	<b>92</b>	114	11	9	<b>80</b>

## ВИСНОВКИ

У дисертації вирішена актуальна науково-технічна задача – розробка системи підтримки прийняття рішень на основі сучасних інформаційних технологій для реалізації методу оцінки ризику розвитку професійно обумовлених захворювань, який враховує спільну дію виявлених факторів ризику, що дозволяє визначити критичний стаж та підвищує ефективність профілактики алергодерматозів на підприємствах хіміко-фармацевтичної промисловості.

Основні наукові і практичні результати роботи.

1. Проведено аналіз існуючих автоматизованих медичних систем, методів і відповідних показників оцінки стану здоров'я людини, який показав обмеженість систем моніторингу та методів прогнозування ризику розвитку професійно обумовлених захворювань з урахуванням індивідуальних факторів ризику, що обумовлює актуальність створення системи оцінки ризику на основі нечіткої логіки.



2. Формалізовано задачу оцінки ризику розвитку професійно обумовлених захворювань як задачу формування інформативної підмножини факторів ризику розвитку професійно обумовлених алергодерматозів, необхідної для ідентифікації станів здоров'я робітників, які відповідають різним рівням ризику розвитку професійно обумовлених захворювань, що дозволило обґрунтувати вибір математичного апарату.

3. Проведені за допомогою однофакторного і двохфакторного дисперсійного аналізу дослідження показали, що серед відібраних ознак є фактори ризику, дія яких на розвиток професійно обумовлених захворювань значима. Отримані висновки на основі оцінки міри причинно-наслідкового зв'язку порушень здоров'я з умовами праці дозволяють оцінити силу впливу виявлених факторів ризику.

4. За допомогою методів дискримінантного аналізу отримано індивідуальний показник  $I_{FR}$  – узагальнений внутрішній фактор ризику, що дозволяє, з одного боку, врахувати спільний вплив індивідуальних факторів ризику, а з іншого боку, використовувати його як правило класифікації обстежених відповідно до рівня ризику розвитку професійно обумовлених захворювань.

5. За допомогою методу кореляційної адаптометрії виявлені групи, відповідні діапазнам за стажем і віком з найбільшим впливом на стан здоров'я робітників кумулятивним ефектом. За результатами аналізу закономірностей розвитку адаптаційних реакцій визначені найбільш і найменш адаптовані до умов праці на підприємстві хіміко-фармацевтичної промисловості групи обстежених робітників, що дозволило розширити базу знань системи.

6. Проведено комплексну оцінку ризику розвитку професійно обумовлених захворювань, яка дозволила врахувати вплив як індивідуальних, так і групових факторів ризику за допомогою методів дискримінантного аналізу, аналізу типів реакції адаптації і кореляційної адаптометрії. Це надало можливості сформулювати інформативну підмножину факторів ризику, яка містить 40 з 54 досліджених градацій ознак або їх комбінацій.

7. На основі інформації, отриманої в результаті проведеної комплексної оцінки ризику розвитку професійно обумовлених захворювань, побудована продукційна модель, яка є базою для побудови відповідної системи оцінки ризику розвитку професійно обумовлених захворювань на основі нечіткої логіки. Розроблена структура і здійснена параметрична ідентифікація створеної моделі.

8. Розроблений метод визначення критичного стажу в розвитку професійно обумовлених захворювань і алгоритм оцінки можливості зниження ризику в умовах шкідливого виробництва дозволяють використовувати отриману інформацію як рекомендації до заходів профілактики профзахворювань під час проведення профілактичних оглядів, а також під час укладання медичного страхового полісу на підприємстві.

9. Побудовано загальну структурну схему, інформаційне, алгоритмічне і програмне забезпечення системи оцінки ризику розвитку професійно обумовлених захворювань на основі нечіткої логіки, яка дозволила виконати інформаційну

підтримку прийняття рішення медичним персоналом під час профілактичних обстежень робітників, а саме: ведення бази даних робітників підприємства, коригування бази знань і навчання системи, логічного висновку за запитом з бази даних про рівень ризику розвитку професійно обумовлених захворювань обстеженого робітника, виявлення критичного стажу в розвитку професійно обумовлених захворювань, а також оцінку можливого зниження ризику в умовах хіміко-фармацевтичного виробництва.

10. Виконано тестову перевірку системи на реальній базі даних, яка містить інформацію про 364 робітників фармацевтичної фірми "Здоров'я" (м. Харків). Отримано 82% адекватних оцінок ризику розвитку професійно обумовлених алергодерматозів у порівнянні з оцінками експертів, що свідчить про ефективність роботи побудованої системи.

11. Результати дисертаційної роботи впроваджені у вигляді моделей, алгоритмів і програмних модулів для здійснення інформаційної підтримки прийняття рішень під час оцінки ризику розвитку алергодерматозів для подальшого прогнозу стану хворих в лабораторії алергології ДУ "Інститут дерматології і венерології АМН України", в науково-дослідній роботі і навчальному процесі на кафедрах "Вища математика" і "Обчислювальна техніка та програмування" НТУ "ХПІ".

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Чикина Н.А. Изучение влияния внутренних факторов риска на развитие аллергодерматозов у рабочих химико-фармацевтических предприятий / Н.А. Чикина, **И.В. Антонова** // Вестник НТУ "ХПИ". Тематический выпуск: Информатика и моделирование. – Харьков: НТУ "ХПИ", 2007. – №19. – С. 195–200.

2. Чикина Н.А. Идентификация состояния здоровья на основе анализа типов реакции адаптации у рабочих предприятий химико-фармацевтической промышленности / Н.А. Чикина, **И.В. Антонова** // Вестник НТУ "ХПИ". Тематический выпуск: Информатика и моделирование. – Харьков: НТУ "ХПИ", 2008. – № 24. – С. 178–184.

3. Чикина Н.А. Математические модели адаптации к вредным условиям труда на основе метода корреляционной адиптометрии / Н.А. Чикина, **И.В. Антонова** // Вестник НТУ "ХПИ". Тематический выпуск: Информатика и моделирование. – Харьков: НТУ "ХПИ", 2008. – № 49. – С. 184–189.

4. Чикина Н.А. Оценка состояния здоровья у рабочих предприятий химико-фармацевтической промышленности с помощью гематологических показателей / Н.А. Чикина, **И.В. Антонова** // Вестник НТУ "ХПИ". Тематический выпуск: Информатика и моделирование. – Харьков: НТУ "ХПИ", 2009. – № 13. – С. 183–188.

5. Чикина Н.А. Математические модели адаптационных процессов у рабочих предприятий химико-фармацевтической промышленности / Н.А. Чикина, **И.В. Антонова** // Информационные технологии и компьютерная инженерия. – Винница: ВНТУ, 2009. – № 2(15). – С. 45–50.

6. Чикина Н.А. Прогноз развития профессионально обусловленных заболеваний с помощью дискриминантного анализа / Н.А. Чикина, Ю.Л. Геворкян, А.И. Поворознюк, **И.В. Антонова** // Системы обработки информации. – Харьков: ХУВС, 2010. – Вып. 1(82). – С. 200–203.

7. Чикина Н.А. Модель нечеткой экспертной системы прогноза риска развития профессионально обусловленных заболеваний / Н.А. Чикина, А.И. Поворознюк, **И.В. Антонова** // Системы обработки информации. – Харьков: ХУВС, 2010. – Вып. 5(86). – С. 195–199.

8. Поворознюк А.И. Нечеткая экспертная система прогноза риска развития профессионально обусловленных заболеваний / А.И. Поворознюк, Н.А. Чикина, **И.В. Антонова** // Вестник НТУ "ХПИ". Тематический выпуск: Информатика и моделирование. – Харьков: НТУ "ХПИ", 2010. – № 31 . – С. 127–132.

9. Чикина Н.А. АИС многофакторной профилактики профессионально обусловленных заболеваний в условиях вредного производства / Н.А. Чикина, **И.В. Антонова** // Сб. науч. трудов 3-го Международного радиоэлектронного форума "Прикладная электроника. Состояние и перспективы развития", (Харків, 22-24 жовтня 2008 р.). – Харьков, 2008. – Т.4. – С. 238–241.

10. Солошенко Э.Н. Математическое моделирование в медицинском страховании здоровья рабочих предприятий химико-фармацевтической отрасли / Э.Н. Солошенко, Н.А. Чикина, **И.В. Антонова** // Интеллектуальные системы принятия решений и проблемы вычислительного интеллекта: Материалы международной научной конференции, (Євпаторія, 18-22 травня 2009 р.). – Херсон: ХНТУ, 2009. – Т.1. – С. 234–238.

11. Чикина Н.А. Нечеткая экспертная система оценки риска развития профессиональных заболеваний в медицинском страховании здоровья / Н.А. Чикина, **И.В. Антонова** // Интеллектуальные системы принятия решений и проблемы вычислительного интеллекта: Материалы международной научной конференции, (Євпаторія, 17-21 травня 2010 р.). – Херсон: ХНТУ, 2010. – Т.1. – С. 419–423.

12. Поворознюк А.И. Нечеткая экспертная система прогноза риска развития профессионально обусловленных заболеваний / А.И. Поворознюк, Н.А. Чикина, **И.В. Антонова** // Труды XI международной научно-практической конференции "Современные информационные и электронные технологии", (Одеса, 24-28 травня 2010 р.). – Одесса: ОНПУ, 2010. – Т.1. – С. 29.

13. Поворознюк А.И. Идентификация нечеткой экспертной системы прогноза уровня риска развития профессионально обусловленных заболеваний / А.И. Поворознюк, Н.А. Чикина, **И.В. Антонова** // Проблемы информатики и моделирования. Тезисы десятой международной научно-технической конференции, (Ялта, 27-29 вересня 2010 р.). – Харьков: НТУ "ХПИ", 2010. – С. 14.

## АНОТАЦІЇ

**Антонова І.В. Система оцінки ризику розвитку професійно обумовлених захворювань на основі нечіткої логіки. – Рукопис.**

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.11.17 – біологічні та медичні прилади і системи. – Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, 2011.

Робота присвячена вирішенню актуальної науково-технічної задачі – розробці методу комплексної оцінки ризику розвитку професійно обумовлених захворювань на основі аналізу індивідуальних і групових факторів ризику. Для реалізації методу на основі сучасних інформаційних технологій створено медичну систему з метою підвищення вірогідності діагностування станів здоров'я, що відповідають різним рівням ризику розвитку професійно обумовлених захворювань, та ефективності профілактичних оглядів робітників підприємств хіміко-фармацевтичної галузі. У роботі формалізовано задачу і запропоновано метод оброблення біомедичної інформації для проведення комплексної оцінки ризику розвитку професійно обумовлених захворювань, на основі якого побудована продукційна модель системи оцінки ризику розвитку професійно обумовлених захворювань із застосуванням математичного апарату нечіткої логіки. Розроблено інформаційну структуру, алгоритмічне і програмне забезпечення системи оцінки ризику розвитку професійно обумовлених захворювань і виконано її тестову перевірку. Запропоновано метод визначення критичного стажу в розвитку професійно обумовлених захворювань і алгоритм оцінки можливості зниження рівня ризику в умовах шкідливого виробництва. Результати роботи впроваджені у лабораторії алергології ДУ "Інститут дерматології та венерології АМН України", а також використовуються у навчальному процесі кафедр "Обчислювальна техніка та програмування" і "Вища математика" НТУ "ХПІ".

**Ключові слова:** фактори ризику, медична система, підвищення вірогідності діагностування, метод оброблення біомедичної інформації, оцінка ризику, професійно обумовлені захворювання, продукційна модель, нечітка логіка, критичний стаж.

**Антонова И.В. Система оценки риска развития профессионально обусловленных заболеваний на основе нечеткой логики. – Рукопись.**

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.17 – биологические и медицинские приборы и системы. – Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков, 2011.

Работа посвящена решению актуальной научно-технической задачи – разработке метода оценки риска развития профессионально обусловленных заболеваний на основе анализа индивидуальных и групповых факторов риска. Для реализации метода на основе современных информационных технологий построена медицинская система с целью оценки риска развития профессионально обусловленных заболеваний, повышения достоверности диагностирования состояний здоровья и эффективности профилактических осмотров рабочих и служащих в условиях медсанчасти предприятия химико-фармацевтической отрасли.

На основании проведенного анализа существующих методов оценки состояния здоровья человека и выявления факторов риска развития заболеваний обоснована актуальность создания системы оценки риска развития профессионально обусловленных заболеваний, что позволило сформулировать цель работы и задачи исследования.

Формализована задача оценки риска развития профессионально обусловленных заболеваний как задача формирования информативного подмножества факторов риска, необходимого для разделения совокупности биологических объектов на состояния, соответствующие различным уровням риска развития профессионально обусловленных заболеваний, что позволило обосновать выбор математического аппарата для решения поставленной задачи.

Исследования по выявлению индивидуальных факторов риска развития профессионально обусловленных заболеваний, проведенные с помощью однофакторного и двухфакторного дисперсионного анализа, позволили из общего числа анализируемых признаков выделить те, влияние которых значимо на развитие профессионально обусловленных аллергодерматозов. Выводы, полученные при оценке мер риска, дали возможность оценить силу влияния выявленных факторов риска. На основе методов дискриминантного анализа получен обобщенный внутренний фактор риска – показатель, позволяющий учесть совместное влияние индивидуальных факторов риска, а также использовать его в качестве правила классификации состояний здоровья обследованных работников в соответствии с определенными уровнями риска развития профессионально обусловленных заболеваний.

Выявление групповых факторов риска с помощью метода корреляционной адаптометрии позволило определить группы работников по стажу и возрасту, находящиеся в состоянии группового стресса, что связано с перенапряжением адаптационных механизмов. На основе анализа закономерностей в развитии типов реакций адаптации выявлены наиболее и наименее адаптированные к условиям труда на химико-фармацевтическом предприятии группы обследованных работников.

Синтезирован метод обработки биомедицинской информации для проведения комплексной оценки риска развития профессионально обусловленных заболеваний, основанный на учете как индивидуальных, так и групповых факторов риска. Применение разработанного метода позволило сформировать информативное подмножество факторов риска и базу знаний, на основе которой построена продукционная модель системы оценки риска развития профессионально обусловленных заболеваний с использованием математического аппарата нечеткой логики.

Разработана общая структурная схема системы оценки риска развития профессионально обусловленных заболеваний, которая обеспечивает ведение базы данных, корректировку базы знаний и обучение системы, заключение об уровне риска развития профессионально обусловленных заболеваний обследуемого работника, выявление критического стажа в развитии заболеваний, а также оценку возможного снижения уровня риска развития профессионально обусловленных заболеваний в условиях химико-фармацевтического производства.

Разработана информационная структура, алгоритмическое и программное обеспечение системы оценки риска развития профессионально обусловленных забо-

леваний, которая позволила осуществить поддержку принятия решения медперсоналом при назначении профилактических курсов рабочим и служащим в условиях химико-фармацевтического производства.

Предложенный метод определения критического стажа в развитии профессионально обусловленных заболеваний и алгоритм оценки возможности снижения уровня риска в условиях вредного производства дает возможность использовать полученную информацию в качестве рекомендаций по мерам профилактики профзаболеваний при проведении профилактических осмотров, а также при заключении медицинского страхового полиса на предприятии.

Выполнена тестовая проверка системы на реальной базе данных, которая подтвердила эффективность работы системы.

Результаты работы внедрены в лаборатории аллергологии ГП "Институт дерматологии и венерологии АМН Украины", а также используются в учебном процессе кафедр "Вычислительная техника и программирование" и "Высшая математика" НТУ "ХПИ".

**Ключевые слова:** факторы риска, медицинская система, повышение достоверности диагностирования, метод обработки биомедицинской информации, оценка риска, профессионально обусловленные заболевания, производственная модель, нечеткая логика, критический стаж.

**Antonova I.V. System of estimation of the professionally conditioned diseases development risk based on fuzzy logic. – Manuscript.**

Dissertation for the degree of the candidate of technical sciences, speciality 05.11.17 – biological and medical devices and systems. – Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, 2011.

The thesis is devoted to solving an urgent scientific and technical tasks – development of complex estimation method of professionally conditioned diseases development risk based on the analysis of individual and group risk factors. Medical system was built for realization of the method on the basis of modern information technologies with the purpose to increase diagnostic authenticity of health state and efficiency of on-the-spot prophylactic examinations of chemical and pharmaceutical production workers.

The task is formalized and method of biomedical information reduction for complex estimation of professionally conditioned diseases development risk is worked out. Production model of the system is built on the basis of this method using fuzzy logic. An informative structure, algorithmic and program support of system for estimation of professionally conditioned diseases development risk are worked out.

Test verification of the system is executed. The method of determining the critical length of service in development of the professionally conditioned diseases and algorithm of estimating possibility of risk decline are worked out in the conditions of harmful production.

**Keywords:** risk factors, medical system, increasing of diagnostic authenticity, method of biomedical information reduction, risk estimation, professionally conditioned diseases, production model, fuzzy logic, critical length of service.

Підп. до друку 18.04.11.  
Умов. друк. арк. 1,2.  
Зам. № 3-350

Формат 60x841/16.  
Тираж 100 прим.  
Ціна договірна.

Спосіб друку – ризографія.

---

ХНУРЕ, 61166, Харків, просп. Леніна, 14

---

Віддруковано в навчально-науковому  
видавничо-поліграфічному центрі ХНУРЕ  
Харків, просп. Леніна, 14

