

КОМПЛЕКС МОДЕЛЕЙ СТРАХОВОЇ ЕКСПЕРТИЗИ ПРИ СТРАХУВАННІ ВІД НЕЩАСНИХ ВИПАДКІВ НА ВИРОБНИЦТВІ

Т. О. Кічкана

Канд. екон. наук, асистент кафедри економічної кібернетики
та інформаційних технологій

Одеський національний політехнічний університет

T_k_13@mail.ru

Стаття присвячена удосконаленню страхової експертизи при страхуванні від нещасних випадків на виробництві шляхом математичного моделювання та використання інформаційних технологій з метою оптимізації розміру страхових тарифів, прогнозу кількості постраждалих від нещасних випадків та застосування попереджувальних заходів. Розроблено комплекс моделей, який є основою для проведення страхової експертизи та прогнозу кількості нещасних випадків на виробництві. Запропонований набір моделей страхової експертизи дозволяє страховому експерту приймати більш точні та обґрунтовані рішення з питань нещасних випадків на виробництві.

Ключові слова. *Нещасний випадок, нечітка логіка, агентна імітаційна модель, системно-динамічна імітаційна модель, прийняття рішень, страхова експертиза, страхові тарифи, превентивна політика.*

Статья посвящена усовершенствованию страховой экспертизы при страховании от несчастных случаев на производстве с помощью математического моделирования и информационных технологий с целью оптимизации размера страховых тарифов, прогноза количества пострадавших от несчастных случаев и применения предупредительных мероприятий. Разработан комплекс моделей, который является основой для проведения страховой экспертизы и прогноза количества несчастных случаев на производстве. Предлагаемый набор моделей страховой экспертизы позволяет страховому эксперту принимать более точные и обоснованные решения по вопросам несчастных случаев на производстве.

Ключевые слова. *Несчастный случай, нечеткая логика, агентная имитационная модель, системно-динамическая имитационная модель, принятие решения, страховая экспертиза, страховые тарифы, превентивная политика.*

The article is devoted to the improvement of insurance expertise at insurance of accidents in manufacturing using a mathematical modeling and information technologies in order to optimize the size of insurance rates, forecasting of number of victims of accidents and usage of preventive measures. There are developed the set of models, which are the basis for the insurance expertise and forecasting of number of accidents in manufacturing. The proposed set of models of insurance expertise allowed to make more accurate and informed decisions of insurance expert concerning accidents in manufacturing.

Keywords. *Accident, fuzzy logic, agent-based simulation model, system-dynamic simulation model, decision making, insurance expertise, insurance rates, preventive policy.*

Постановка проблеми

Через гонитву за надприбутками, ігнорування вимог з охорони праці, грубого їх порушення, що й призводить до травм, каліцтв та смертей на виробництві, рівень виробничого травматизму на українських підприємствах залишається ще досить високим. Хоча, якщо порівняти 2007 та 2012 роки, то маємо тенденцію до зниження кількості нещасних випадків на виробництві (рис.1), що свідчить про послідовну попереджувальну роботу з боку держави та виробничого сектору економіки.

Найбільшу кількість нещасних випадків зареєстровано в Донецькій, Луганській та Дніпропетровській областях. Майже кожен третій травмований в Україні — мешканець Донеччини, кожен сьомий потерпілий проживає на Луганщині, кожен 11-й — мешканець Дніпропетровщини. Тому найбільша частина загальної суми страхових виплат по Україні припадає на ці регіони [1].

Страхування від нещасного випадку існує в Україні в індивідуальній та колективній формах, що накладає додаткові особливості на страхування від нещасних випадків на виробництві.

Динаміка розвитку ринку страхування від нещасних випадків на виробництві свідчить про безумовне збільшення обсягів цього виду страхування в Україні. Так, загальна сума відшкодувань у 2012 році становить 3411 млн. грн., при цьому в організаціях України всіх форм власності в середньому травмується 200 пра-

цівників на день [1]. Адже страхова експертиза спрямована на зниження ризику настання страхового випадку та коригування тарифної політики страхових організацій.

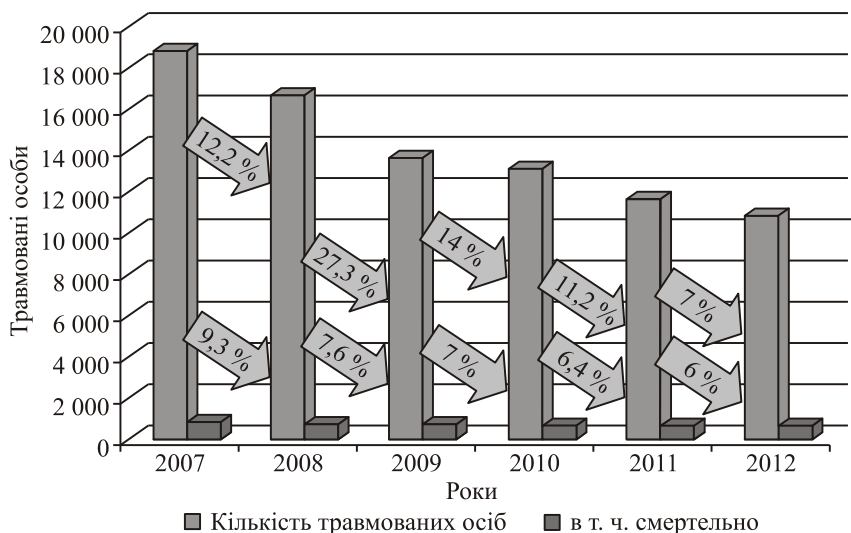


Рис. 1. Динаміка нещасних випадків на виробництві України за 2007—2012 рр.

На сьогоднішній день страховий експерт аналізує отриману інформацію, спираючись тільки на свій досвід та існуючі методики, без аналізу та прогнозування кількості постраждалих. Відсутність відповідних інструментальних засобів в подальшому призводить до прийняття невважених рішень щодо превентивної та тарифної політики страховика.

Це спонукає до розробки інструментарію, заснованого на економіко-математичних моделях та сучасних інформаційних технологіях, який дозволить підвищити оперативність і точність проведення страхової експертизи, цілеспрямованість профілактичних заходів щодо усунення травматизму та зменшення ризику настання страхових випадків. Все це, в свою чергу, сприятиме підвищенню фінансової стабільності страхових організацій та фінансової системи країни в цілому.

Аналіз останніх досліджень та формулювання мети дослідження

Проблемам страхування від нещасного випадку присвячені роботи таких вчених: О. В. Бондара [2], Н. М. Внукової [3], О. М. Залєтова [4], В. Н. Буркова [4], А. Ю. Заложнєва [4], А. С. Міллермана [5] та ін. Розвиненню апарату моделювання процесів страхування сприяли роботи вчених: В.В. Шахова [5], А. В. Борщева [6], Ю. Г. Карпова [7], А. В. Матвійчука [8], Т. Мака [9] та ін.

Аналіз існуючих моделей та методів показує, що автори приділяють увагу лише коригуванню тарифної, виплатної та резервної політики окремих видів та програм страхування. Але специфіка саме страхування від нещасного випадку на виробництві передбачає активну превентивну політику, основу якої складають механізми страхової експертизи, системи знижок-надбавок та франшиз, що не враховується повною мірою у запропонованих економіко-математичних моделях.

У зв'язку з цим розробка комплексу моделей страхової експертизи нещасних випадків на виробництві є актуальним завданням.

Відповідно, метою дослідження є розробка комплексу моделей страхової експертизи нещасного випадку на виробництві для удосконалення процесу прийняття рішень страховим експертом.

Матеріали та результати дослідження

Процес прийняття рішення страховим експертом згідно існуючого законодавства [10] відбувається за наступними етапами:

1. збір та аналіз інформації про нещасні випадки;
2. аналіз причин, видів подій, обладнання, що призводять до настання страхового випадку;
3. прийняття рішення страховим експертом щодо коригування тарифів та попереджувальної політики страхових організацій.

Для удосконалення страхової експертизи автором запропонована концепція моделювання. Ця концепція всебічно відображає роботу страхових експертів через комплекс моделей, що формалізують процес страхової експертизи. Концепція моделювання страхової експертизи передбачає взаємодію двох підсистем (див. рис. 2).

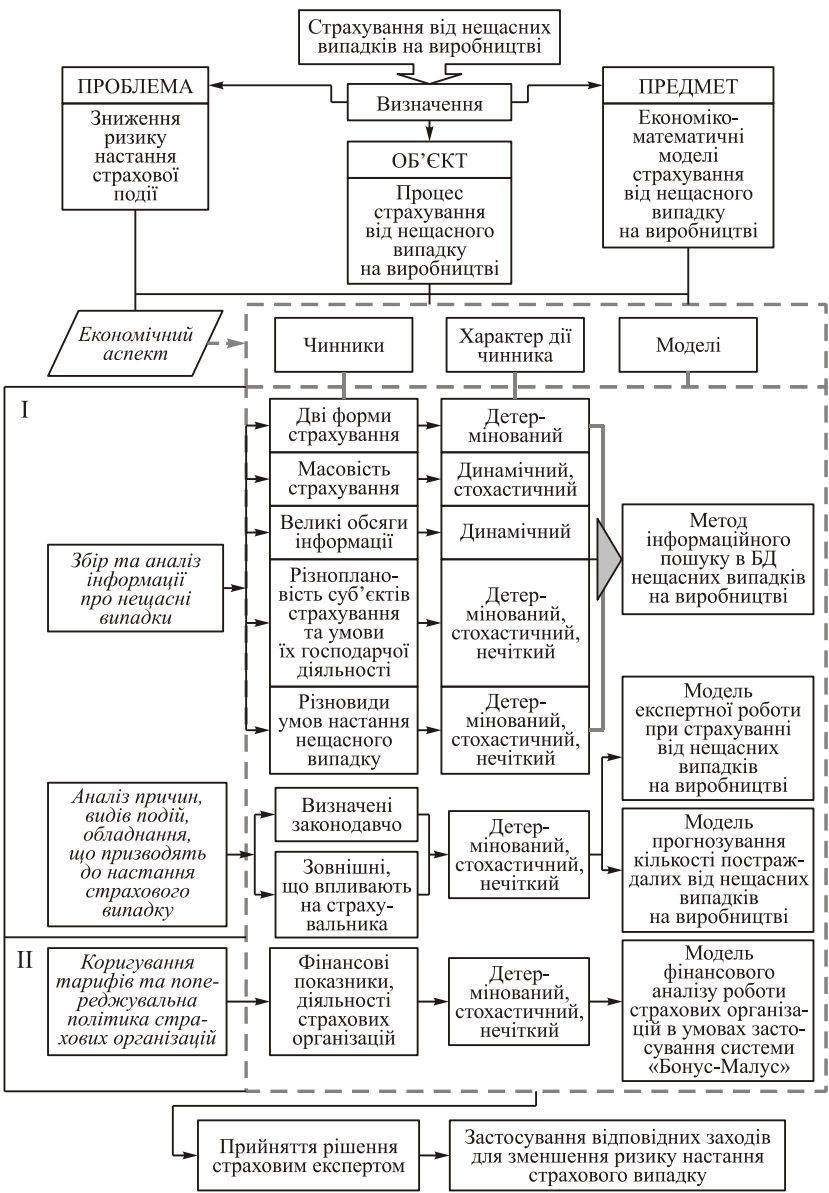


Рис. 2. Концепція моделювання страхової експертизи нещасних випадків на виробництві

Перша підсистема спрямована на моніторинг підприємств-страхувальників. Друга призначена для оцінювання фінансової стабільності страховика та обґрунтування та коригування тарифів для страхувальника при застосуванні системи «Бонус-Малус».

Тобто, перша підсистема являє собою:

- модель експертної роботи, що дозволяє провести аналіз чинників згідно державного класифікатора, які впливають на безпеку страхувальників, а також виявити найбільш небезпечні причини, види подій та обладнання. В ході застосування моделі визначаються найбільш небезпечні підприємства-страхувальники регіону, які страховий експерт бере в подальшому на особистий контроль;

- метод інформаційного пошуку, що формує інформаційно-аналітичні запити до бази даних нещасних випадків на виробництві задля ефективного прийняття рішення експертом. Страховим експертом рішення приймається на основі сформованих звітів згідно факторів, визначених законодавчо, що впливають на стан страхувальника;

- модель прогнозування кількості постраждалих дозволяє спрогнозувати кількість постраждалих від нещасних випадків в залежності від стану підприємства регіону та чинників, що можуть призвести до нещасного випадку на виробництві, які не враховані в попередній моделі. В моделі враховані стани, в яких можуть перебувати страхувальники, які впливають на ризик настання страхової події.

- В другій підсистемі здійснюється фінансовий аналіз страхових організацій:

- модель фінансового аналізу роботи страхових організацій дозволяє спрогнозувати фінансовий стан страховиків, враховуючи основні показники впливу на фінансовий стан страхових організацій при застосуванні системи «Бонус-Малус». Ця система спонукає страхувальника до безаварійної роботи, зменшення кількості постраждалих за рахунок зниження тарифу страхування. Для комерційних страхових компаній враховується показник перестрахування, що дозволяє розподілити ризик і виплати між страховиками у разі настання страхового випадку.

Комплекс моделей передбачає підвищення ефективності і спрощення процедури прийняття рішення страховим експертом при формуванні тарифної політики та превентивної політики з метою зменшення кількості страхових випадків на виробництві.

Процедура моделювання страхової експертизи, як основи системи підтримки прийняття рішень страховим експертом при страхуванні від нещасних випадків на виробництві, складається, перш за все, із математичного методу нечіткого інформаційного пошуку в базі даних шляхом виконання запитів, по-друге, із математичних моделей аналітичної роботи страхового експерта, що реалізують процеси аналізу та прийняття рішень страховим експертом. Крім того, моделювання процедури страхової експертизи доповнюється моделюванням динаміки фінансового стану страховика в системі Бонус-Малус.

Кількісний аналіз показників страхової експертизи нещасних випадків на виробництві має яскраво визначену нечітку сутність, тому цілком логічним є застосування в процесі моделювання страхової експертизи математичного апарату теорії нечіткої логіки. Оскільки робота страхового експерта фактично складається з інформаційно-аналітичних запитів до бази даних нещасних випадків на виробництві, формалізуємо метод інформаційного пошуку, як основу подальшої експертної роботи, з можливістю переходу від задачі чіткого пошуку інформації по нещасним випадкам на виробництві до нечіткої задачі пошуку [11].

Математичний опис методу інформаційного пошуку з нечіткою логікою використовується в аналітичному блоці інформаційної системи Accident, яка була розроблена за участі автора для інформаційного та аналітичного забезпечення роботи Луганської Дирекції Фонду соціального страхування від нещасних випадків на виробництві з метою зменшення кількості постраждалих та для покращення роботи страхових експертів за їх функціями, визначеними відповідними нормативно-правовими документами [10]. Реальну допомогу при встановленні причин та прогнозуванні настання нещасного випадку надає аналітичний блок цієї інформаційної системи, що розроблений на основі авторських моделей на нечіткій логіці.

Метод інформаційного пошуку складається з формалізації задачі інформаційного пошуку, яка визначає складові пошуку, та формалізації графу інформаційного пошуку, який визначає механізм пошуку в інформаційній базі нещасних випадків.

Вважатимемо, що X — множина запитів; Y — множина записів (об'єктів пошуку); $\rho = X \times Y$ — бінарне відношення пошуку на $X \times Y$. Тоді трійку $I = \langle X, V, \rho \rangle$, де V — деяка скінченна підм-

ножина множини елементів пошуку Y , називатимемо задачею інформаційного пошуку (ЗІП) типу $S = \langle X, Y, \rho \rangle$. За аналогією з цим визначенням введемо поняття задачі нечіткого інформаційного пошуку. Нехай задано відображення $\eta(x, y) : X \times Y \rightarrow [0, 1]$, яке називатимемо відношенням нечіткого пошуку. Трійку $S = \langle X, Y, \eta \rangle$ називатимемо типом нечіткого пошуку; трійку $I = \langle X, V, \eta \rangle$ називатимемо задачею нечіткого пошуку (ЗНП) типу S і вважатимемо, що ЗНП $I = \langle X, V, \eta \rangle$ змістовно полягає в тому, щоб для довільного числа $c \in [0, 1]$ і довільного запиту $x \in X$ визначити всі ті записи $y \in V$, для яких $\eta(x, y) \geq c$.

Визначимо поняття інформаційного графа (ІГ) на множині X . В скінченній багатополіусній орієнтованій мережі деякий поліус початку пошуку називається коренем. Решті поліусів приписуються записи з Y , причому це можуть бути однакові записи. Таким чином навантажену багатополіусну орієнтовану мережу називаємо ІГ.

Функціонування ІГ визначається таким чином. Якщо предикат, приписаний ребру ланцюжка, приймає значення 1 на запит x , тоді орієнтований ланцюжок ребер проводить запит $x \in X$. Запит $x \in X$ проходить у вершину ІГ у тому випадку, коли існує орієнтований ланцюжок. Запис y , приписаний вершині α , потрапляє у відповідь ІГ на запит $x \in X$, якщо запит x проходить у вершину α .

Відповідь U ІГ на запит x вважатимемо результатом функціонування ІГ.

Множину відповідей U , допустимих для ЗІП I над базовою множиною F , що містить функції, які приписуються ребрам, позначимо $u(I, F)$.

Аналогічно введемо поняття нечіткого інформаційного графа.

Конструювання нечіткого інформаційного графа (НІГ) над базовою множиною F здійснюється за таким принципом. В багатополіусній орієнтованій мережі вибирається деякий поліус, який називається коренем. Решті поліусів приписуються записи з Y , причому різним поліусам можуть бути приписані однакові записи. Ребрам приписуються функції з множини $F = \{f_a \mid f_a : X \rightarrow [0, 1], a \in A\}$, що є базовою множиною функцій на X , а A — деяка мно-

жина індексів, які вказують на вершини НІГ та відповідають варіантам пошуку. Подібну багатополосну орієнтовану мережу називаємо НІГ над базовою множиною F .

Провідність ребра НІГ дорівнює функції f_a , приписаній цьому ребру. Провідністю орієнтованого ланцюжка ребер НІГ назвемо функцію, рівну мінімуму провідності ребер ланцюжка. Функцією фільтра вершини β НІГ $\varphi_\beta(x)$ назвемо функцію, рівну максимуму функцій провідності орієнтованих ланцюжків, що ведуть з кореня НІГ у вершину β .

Функціонування НІГ визначається таким чином. Скажімо, що запис, приписаний вершині α , потрапляє у відповідь НІГ на запит $x \in X$ для числа $c \in [0,1]$, якщо $\varphi_\alpha(x) \geq c$. Відповідь НІГ U на запит x для числа $c \in [0,1]$ позначимо $J_U(x, c)$ та вважатимемо результатом функціонування НІГ.

Визначимо, що НІГ U допустимий для ЗНП $I = \langle X, V, \eta \rangle$, якщо для будь-якого запиту $x \in X$ і будь-якого числа $c \in [0,1]$ виконується $J_U(x, c) = \{y \in V : \eta(x, y) \geq c\}$.

Множину НІГ над базовою множиною F , допустимих для ЗНП I , позначимо $u(I, F)$.

Через $L_U(y)$ позначимо множину вершин НІГ U , яким відповідає запис y .

Відзначимо, що для числа $c = 1$ задача нечіткого пошуку співпадає з початковою задачею інформаційного пошуку.

Практичне застосування методу інформаційного пошуку в аналітичному блоці інформаційної системи Фонду страхування від нещасних випадків на виробництві базується на можливостях запропонованого методу з побудови дерева пошуку в базі даних MS SQL Server та його реалізації у вигляді нечітких запитів на мові T-SQL. Результатом цих пошукових операцій є аналітичні звіти, які формують інформаційне поле прийняття рішень страховим експертом.

Задачу інформаційного пошуку доповнює задача експертної роботи, що формалізована у вигляді нечіткої математичної моделі. Для створення економіко-математичної моделі експертної роботи при страхуванні від нещасних випадків на виробництві враховується класифікатор, що включає усі чинники, які можуть призвести до нещасного випадку (див. рис. 3).

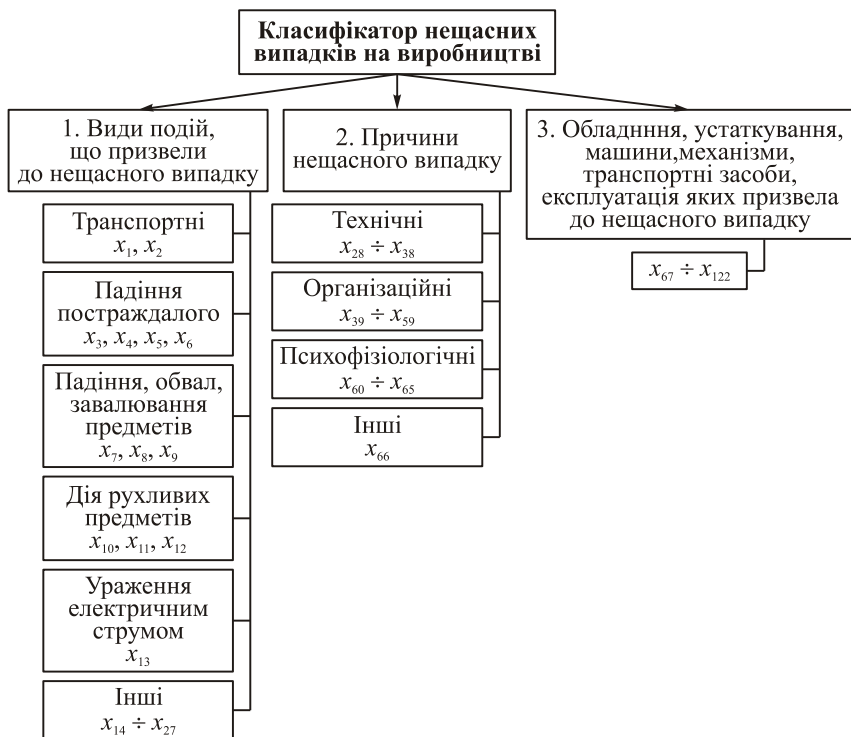


Рис. 3. Класифікатор нещасних випадків на виробництві

Згідно із законодавством України цих чинників нараховується 122 [12]. З урахуванням чинників класифікатора було побудовано модель нечіткого логічного виводу для аналізу та прогнозування кількості постраждалих в залежності від прояву причин, подій та обладнання.

Побудова моделі нечіткого виведення відображає одну з функцій експерта при страхуванні від нещасного випадку на виробництві. Модель побудована для аналізу та прогнозування кількості постраждалих в залежності від прояву причин, подій та обладнання.

Дерево нечіткого виведення відображає залежність між чинниками, які впливають на настання нещасного випадку. Тобто причини нещасного випадку залежать від видів подій, що до нього призвели, а також від обладнання та устаткування, що також

стало причиною нещасного випадку. Структурно модель нечіткого виведення для аналізу та прогнозування кількості постраждалих в залежності від прояву причин, подій та обладнання подано на рис. 4.

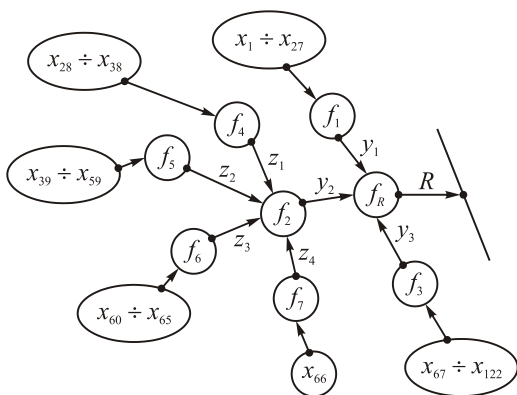


Рис. 4. Структурна модель нечіткого виведення

Змінні моделі групуються за наступними ознаками:

1. види подій, що призвели до нещасного випадку;
2. причини нещасного випадку (що в свою чергу поділяються на 4 підгрупи змінних):
 - 2.1. технічні причини;
 - 2.2. організаційні причини;
 - 2.3. психофізіологічні причини;
 - 2.4. інші причини, що призвели до нещасного випадку;
3. обладнання, устаткування, машини, механізми, транспортні засоби, експлуатація яких призвела до нещасного випадку.

На дереві виведення показано залежності наступного вигляду:

$$R = f_R(y_1, y_2, y_3), \quad (1)$$

$$y_1 = f_1(x_1, \dots, x_{27}), \quad (2)$$

$$y_2 = f_2(z_1, z_2, z_3, z_4), \quad (3)$$

$$y_3 = f_3(x_{67}, \dots, x_{122}), \quad (4)$$

$$z_1 = f_4(x_{28}, \dots, x_{38}), \quad (5)$$

$$z_2 = f_5(x_{39}, \dots, x_{59}), \quad (6)$$

$$z_3 = f_6(x_{60}, \dots, x_{65}), \quad (7)$$

$$z_4 = f_7(x_{66}), \quad (8)$$

де R — вихідна змінна, y_1, y_2, y_3 — класи вхідних змінних, z_j — підкласи вхідних змінних x_i , $i = \overline{28, 66}$, $j = \overline{1, 4}$.

Якщо вважати, що всі змінні, які стоять у вершинах дерева, є лінгвістичними змінними, то отримаємо наступні терми:

$\{R_1, R_2, \dots, R_r\}$ множина термів для оцінювання змінної R ;

$\{y_{11}, y_{12}, \dots, y_{1a}\}$ множина термів для оцінювання змінної y_1 ;

$\{y_{21}, y_{22}, \dots, y_{2b}\}$ множина термів для оцінювання змінної y_2 ;

$\{y_{31}, y_{32}, \dots, y_{3c}\}$ множина термів для оцінювання змінної y_3 ;

$\{x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ia_i}\}$ множина термів для оцінювання змінної x_i ,

$i = \overline{1, 122}$;

$\{z_{j1}, z_{j2}, \dots, z_{jb_j}\}$ множина термів для оцінювання змінної z_j , $j = \overline{1, 4}$.

Підтримку у формалізації цих показників отримано за допомогою аналітичного блоку системи Accident. Крім того, аналітичний блок системи Accident дозволяє робити такий аналіз як у розрізі регіонів, так і по окремим підприємствам-страхувальникам.

Ступінь ризику на підприємстві вимірюється кількістю постраждалих. Тобто граничний ступінь — це коли кількість постраждалих є найбільшою, і навпаки, незначний ступінь ризику в кількісному вимірі — це коли кількість постраждалих може бути відсутня взагалі.

Для прийняття точнішого рішення страховим експертом всі змінні моделі оцінюються п'ятьма нечіткими термами: **ГР** — граничний, **В** — високий, **СР** — середній, **Н** — низький, **нЗ** — незначний. Діапазони зміни цих змінних на єдиній універсальній множині $U = [0, 4]$ та побудовані функції належності зображено на рис. 5.

Для конструювання функцій належності обрано кусково-лінійну апроксимацію стандартних гладких функцій [13, 14]. Позначимо через $\mu_\xi(u)$ функцію належності змінної u ($u \in U = [0, 4]$) до нечіткого терму $\xi = \{\text{ГР}, \text{В}, \text{СР}, \text{Н}, \text{нЗ}\}$.

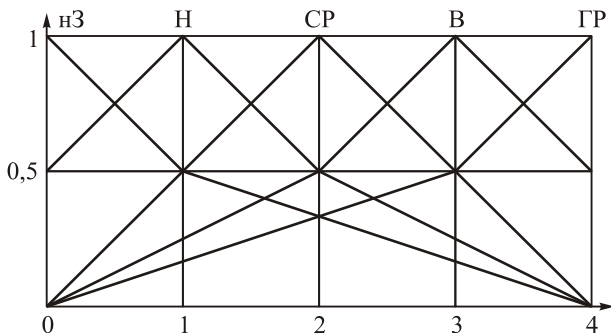


Рис. 5. Кусково-лінійні функції належності п'яти нечітких термів

Задамо експертні висловлювання для залежності (1), скориставшись позначеннями всіх термів:

ЯКЩО види подій (y_1) = (GP)

І причини нещасного випадку (y_2) = (GP)

І обладнання, устаткування, що призвели до нещасного випадку (y_3) = (GP),

ТОДІ ступінь ризику (R) = (GP) або

ЯКЩО види подій (y_1) = (B)

І причини нещасного випадку (y_2) = (B)

І обладнання, устаткування, що призвели до нещасного випадку (y_3) = (CP),

ТОДІ ступінь ризику (R) = (B) або

ЯКЩО види подій (CP)

І причини нещасного випадку (y_2) = (CP)

І обладнання, устаткування, що призвели до нещасного випадку (y_3) = (CP),

ТОДІ ступінь ризику (R) = (CP) або

ЯКЩО види подій (y_1) = (H)

І причини нещасного випадку (y_2) = (H)

І обладнання, устаткування, що призвели до нещасного випадку (y_3) = (CP),

ТОДІ ступінь ризику (R) = (H) або

ЯКЩО види подій (y_1) = (n3)

І причини нещасного випадку (y_2) = (n3)

І обладнання, устаткування, що призвели до нещасного випадку (y_3) = (n3),

ТОДІ ступінь ризику (R) = (n3).

Зведемо в табл. 1 описані правила настання нещасного випадку в залежності від причин $\left(y_1, y_2, y_3 \right)$.

Система нечітких логічних рівнянь для R , сформована на основі табл. 1, виглядає наступним чином:

$$\mu_{GP}(R) = \min(\mu_{GP}(y_1), \mu_{GP}(y_2), \mu_{GP}(y_3)),$$

$$\mu_B(R) = \min(\mu_B(y_1), \mu_B(y_2), \mu_{CP}(y_3)),$$

$$\mu_{CP}(R) = \min(\mu_{CP}(y_1), \mu_{CP}(y_2), \mu_{CP}(y_3)),$$

$$\mu_B(R) = \min(\mu_B(y_1), \mu_B(y_2), \mu_{CP}(y_3)),$$

$$\mu_H(R) = \min(\mu_H(y_1), \mu_H(y_2), \mu_{CP}(y_3)),$$

$$\mu_{H3}(R) = \min(\mu_{H3}(y_1), \mu_{H3}(y_2), \mu_{H3}(y_3)).$$

Таблиця 1

**МАТРИЦЯ ЗНАТЬ
ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКУ НАСТАННЯ НЕЩАСНОГО ВИПАДКУ**

ЯКЩО			ТОДІ
Вид події, що призвела до нещасного випадку y_1	Причини нещасного випадку y_2	Обладнання, устаткування, машини, механізми, транспортні засоби, експлуатація яких призвела до нещасного випадку y_3	Ризик настання нещасного випадку R
ГР	ГР	ГР	ГР
В	В	СР	В
СР	СР	СР	СР
Н	Н	СР	Н
н3	н3	н3	н3

Для кожної із залежностей (2) — (8) існують свої правила виведення. Відповідно, таким же чином будуються матриці знань для кожної із змінних $y_1, y_2, y_3, z_1, z_2, z_3, z_4$, які реалізують функції (2) — (8).

Далі на основі розрахованих значень функцій належності вихідної змінної проводиться операція дефаззифікації, щоб кількісно відобразити ступінь ризику настання нещасного випадку.

Використання моделі експертної роботи при страхуванні від нещасних випадків на виробництві дозволило удосконалити роботу експерта і надало можливість для більш чіткого визначення напрямку превентивних заходів на підприємствах-страхувальниках, що зменшило ризик настання страхових випадків на виробництві.

Згідно з концепцією моделювання страхової експертизи наступним етапом було імітаційне моделювання динаміки страхового стану підприємств-страхувальників та прогнозування кількості постраждалих від нещасних випадків на виробництві. При цьому завдання полягало в тому, щоб встановити стан справ на підприємстві в цілому та по діях окремих його робітників, що можуть призвести до нещасного випадку. Тому створення агентної імітаційної моделі, де агенти-співробітники взаємодіють з агентом-підприємством і в той же час є частиною агента-підприємства, виявляється найбільш адекватним втіленням реальної існуючої системи безпеки праці на підприємстві та відображає ступінь ризику настання страхового випадку.

Основні об'єкти моделі створено із використанням конструкції UML, вбудованої в AnyLogicTM [6, 7].

Об'єкт - Person, який характеризує певні стани застрахованого від нещасного випадку на виробництві працівника.

Використовуючи конструкції UML, збудовані основні стейтчарти моделі. Так, на рис. 6 наведено стейтчарт Person агентної імітаційної моделі.

В нормальному стані робітник може підвищувати свій професійний рівень, працювати з дотриманням техніки безпеки, його задовольняють умови праці та відпочинку. В перехідному стані не виконується одна з складових нормального стану, що спонукає працівника шукати поліпшення втрачених показників. В екстремальному стані робітник починає втрачати професійні навички, не дотримуватися правил техніки безпеки, що призводить до нещасних випадків на виробництві.

Об'єкт - Enterprise характеризує стратегію поведінки підприємства. Він відображає економічну динаміку існування підприємства-страхувальника, що після початку роботи знаходиться у працездатному стані. Стейтчарт Enterprise агентної імітаційної моделі представлено на рис. 7.

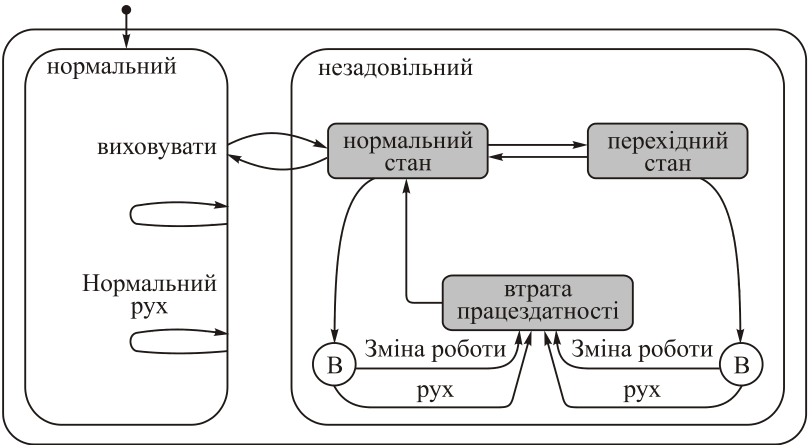


Рис. 6. Стейтchart Person агентної імітаційної моделі

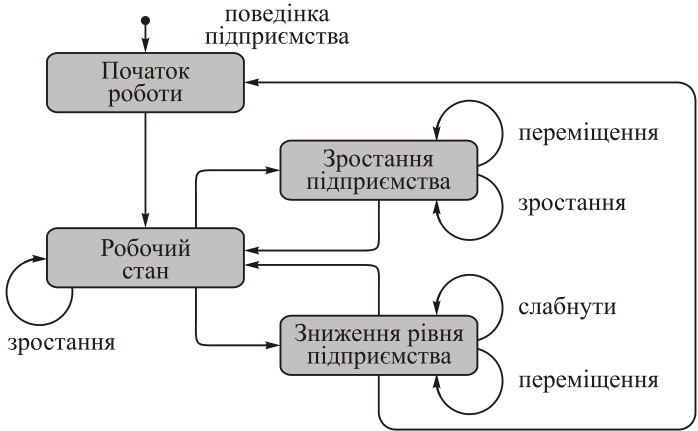


Рис. 7. Стейтchart Enterprise агентної імітаційної моделі.

Enterprise - характеризує стратегію поведінки підприємства. Знаходячись у цьому стані, підприємство може вкладати кошти в підвищення рівня кваліфікації робітників, а також у засоби безпеки праці. Це приводить до можливого переходу підприємства-страхувальника до стану зростання. Якщо ж підприємство не розвивається, то ці показники зменшуються, що безумовно позна-

часться на загальному стані такого підприємства і призводить до підвищення ризику настання страхового випадку. Агентна імітаційна модель прогнозування кількості постраждалих має наступні параметри: регіон; райони; автодороги; міський транспорт; застраховані особи; підприємства; екологічне забруднення.

Заключним етапом було створення в AnyLogic™ системно-динамічної імітаційної моделі фінансового аналізу Державного Фонду соціального страхування від нещасних випадків на виробництві і професійних захворювань та комерційної страхової компанії при страхуванні від нещасних випадків на виробництві, працюючих в системі «Бонус-Малус». В основу схеми моделювання був покладений процес формування резервного фонду страхової організації за рахунок надходження платежів зі страхування та перестрахування, а також виплат страхових відшкодувань. При цьому розглядається процес впливу на формування резервного фонду застосування системи «Бонус-Малус» та кількісні показники її використання. Вибір резервного фонду в якості головного індикативного показника системно-динамічної імітаційної моделі фінансового аналізу страхових організацій в системі «Бонус-Малус» визначається тим, що саме резервний фонд є головним інструментом ліквідності та платоспроможності страхової організації при страхуванні від нещасних випадків на виробництві [15]. Модель передбачає взаємодію перестраховального та преміально-виплатного факторів.

Побудована імітаційна системно-динамічна модель діяльності страхової компанії в системі «Бонус-Малус» описує динаміку складання-розірвання договорів страхування та вплив на цей процес бонусних та малусних нормативів. Вона допомагає аналізувати та регулювати застосування системи «Бонус-Малус», визначеної законодавчо як основного фінансового інструменту впливу на страхувальників щодо попередження і зниження кількості нещасних випадків на виробництві. Крім того, модель надає можливість вивчення впливу різних показників діяльності страховика один на одного в динаміці: це стосується, насамперед, впливу тарифів на резерви, впливу бонусів на резерви та тарифи, впливу кількості укладених договорів на тарифи та резерви, залежності розміру резервів від умов та обсягів перестрахування (для комерційної страхової компанії).

Експертизу ризиків страховому експерту допомагає робити аналітичний блок системи Accident. В процесі ухвалення рішень

особі, що приймає рішення, — страховому експерту, доводиться враховувати велику кількість показників, критеріїв, чинників. Ухваленням рішення, як правило, є вибір із списку можливих альтернатив. Прийняти «правильне» рішення означає обрати таку альтернативу з числа можливих, в якій з урахуванням всіх критеріїв, чинників і вимог буде оптимізовано прийняте рішення, тобто воно в максимальній мірі сприятиме досягненню мети роботи страхового експерта.

Специфіка страхування пов'язана із вирішенням завдань, які для сучасної страхової організації неможливі без застосування інформаційних технологій. Вся інформація про діяльність страховика повинна знаходитись в єдиній системі (Accident), яка дозволяє аналізувати та робити висновки з питань страхової експертизи.

Важливою складовою страхової експертизи є її інформаційна підтримка за рахунок даних про нещасні випадки з їх кількісними та якісними показниками за найбільший період часу. Використання інформаційної системи Accident допомагає роботі експерта при розслідуванні нещасних випадків на підприємствах та прогнозі їх можливого настання. Створена нечітка математична модель експертної роботи підприємств-страхувальників при страхуванні від нещасного випадку на виробництві знайшла своє застосування в аналітичному блоці цієї інформаційної системи.

Треба виявити вплив причини, видів подій та обладнання, що призводять до настання нещасного випадку в м. Луганську, спираючись на наявні статистичні дані. На основі цих даних побудовано нечіткі регресійні рівняння, що стосуються залежності кількості потерпілих від причин, видів подій та обладнання, які призвели до нещасного випадку на виробництві.

В результаті отримуємо залежність постраждалих від причин, подій та обладнання у вигляді рівнянь множинної регресії:

$$\tilde{g} = \tilde{a}_0 + \tilde{a}_1 x_1 + \tilde{a}_2 x_2 + \dots + \tilde{a}_{122} x_{122}.$$

Далі оцінка параметрів рівняння приводить до визначення коефіцієнтів $\tilde{a}_i$.

Згідно державного класифікатору окремо по видах подій, по причинах та по обладнанню виявлені найбільш поширені та небезпечні по м. Луганську різновиди факторів за 3 роки спостере-

жень (2010—2012 рр.). Зробивши вибірку за три роки, для м. Луганська виявлено найбільш поширені 13 видів подій, що призводять до нещасного випадку: дорожньо-транспортна пригода (у тому числі наїзд транспортних засобів); падіння потерпілого (у тому числі: під час пересування, з висоти; в колодязь, ємність, яму тощо); падіння, обрушення, обвалення предметів, матеріалів, породи, ґрунту тощо; дія предметів та деталей, що рухаються, розлітаються, обертаються; дія рухомих і таких, що обертаються, деталей обладнання, машин і механізмів; дія підвищених температур (крім пожеж); навмисне вбивство або травма, заподіяна іншою особою; інші види.

Таким же чином зроблено вибірку по причинах для трьох років по місту Луганську та було виявлено 20 найвпливовіших причин для підприємств м. Луганська: конструктивні недоліки, недосконалість, недостатня надійність засобів виробництва; незадовільний технічний стан виробничих об'єктів, будинків, споруд, території; незадовільний технічний стан засобів виробництва; незадовільний технічний стан транспортних засобів; незадовільне функціонування, недосконалість або відсутність системи управління охороною праці; відсутність або неякісне проведення інструктажу; невикористання засобів індивідуального захисту через незабезпеченість ними; порушення технологічного процесу; порушення вимог безпеки під час експлуатації обладнання, устаткування, машин, механізмів тощо; порушення вимог безпеки під час експлуатації транспортних засобів; порушення правил дорожнього руху; незастосування засобів індивідуального захисту (за їх наявності); порушення трудової і виробничої дисципліни (у тому числі невиконання посадових обов'язків, невиконання вимог інструкцій з охорони праці); незадовільні фізичні дані або стан здоров'я; травмування внаслідок протиправних дій інших осіб; інші причини.

Зроблено вибірку по видах обладнання для м. Луганськ за 2010—2012 рр. та було виявлено 7 основних видів обладнання, устаткування, машини, механізми, транспортні засоби, експлуатація яких призвела до нещасного випадку, серед яких: обладнання відсутнє; устаткування гірничошахтне; устаткування підіймально-транспортне (конвеєри); верстати металорізальні; устаткування технологічне для ливарного виробництва; автомобілі; інше обладнання.

Таким чином, виявивши для кожної групи показників (видів подій, причин, обладнання) найбільш значущі, отримаємо наступні нечіткі регресійні залежності для м. Луганська за методом найменших квадратів:

1. Для видів подій, що призвели до нещасного випадку на виробництві:

$$y_1 = 0,1 + 1,6x_1 + 0,9x_2 + 0,8x_3 + 1,5x_4 + 0,5x_5 + 2,3x_6 + 1,9x_7 + 0,9x_9 + 0,8x_{10} + 0,6x_{11} + 0,3x_{14} + 1,29x_{22} + 0,62x_{26}, \quad (9)$$

де $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{14}, x_{22}, x_{26}$ — найпоширеніші види подій, що призводять до настання нещасного випадку у м. Луганську. А саме:

x_1 — дорожньо-транспортна пригода, у тому числі: x_2 — наїзд транспортних засобів;

x_3 — падіння потерпілого, у тому числі: x_4 — під час пересування; x_5 — з висоти; x_6 — в колодязь, ємність, яму тощо;

x_7 — падіння, обрушення, обвалення предметів, матеріалів, породи, ґрунту тощо;

x_9 — обвалення та обрушення породи, ґрунту тощо;

x_{10} — дія предметів та деталей, що рухаються, розлітаються, обертаються;

x_{11} — дія рухомих і таких, що обертаються, деталей обладнання, машин і механізмів;

x_{14} — дія підвищених температур (крім пожеж);

x_{22} — навмисне вбивство або травма, заподіяна іншою особою;

x_{26} — інші види.

2. Для причин настання нещасного випадку на виробництві:

$$y_2 = 0,03 + 0,7x_{28} + 1,65x_{34} + 2,67x_{35} + 2,77x_{36} + 1,6x_{38} + 0,9x_{39} + 0,4x_{40} + 3,63x_{47} + 0,031x_{50} + 1,2x_{51} - 1,8x_{52} + 1,15x_{53} + 1,6x_{54} + 1,45x_{56} - 0,4x_{57} - 4x_{58} + 0,09x_{59} + 1,19x_{62} + 1,11x_{64} - 0,2x_{65}, \quad (10)$$

де $x_{28}, x_{34}, x_{35}, x_{36}, x_{38}, x_{39}, x_{40}, x_{47}, x_{50}, x_{51}, x_{52}, x_{53}, x_{54}, x_{56}, x_{57}, x_{58}, x_{59}, x_{62}, x_{64}, x_{65}$ — найпоширеніші причини, що призводять до настання нещасного випадку у м. Луганську, саме:

x_{28} — конструктивні недоліки, недосконалість, недостатня надійність засобів виробництва;

x_{34} — незадовільний технічний стан виробничих об'єктів, будинків, споруд, території;

x_{35} — незадовільний технічний стан засобів виробництва;

x_{36} — незадовільний технічний стан транспортних засобів;

x_{38} — інші;

x_{39} — незадовільне функціонування, недосконалість або відсутність системи управління охороною праці;

x_{40} — відсутність або неякісне проведення інструктажу;

x_{47} — невикористання засобів індивідуального захисту через незабезпеченість ними;

x_{50} — порушення технологічного процесу;

x_{51} — порушення вимог безпеки під час експлуатації обладнання, устаткування, машин, механізмів тощо;

x_{52} — порушення вимог безпеки під час експлуатації транспортних засобів;

x_{53} — порушення правил дорожнього руху;

x_{54} — незастосування засобів індивідуального захисту (за їх наявності);

x_{56} — порушення трудової і виробничої дисципліни, у тому числі: x_{57} — невиконання посадових обов'язків; x_{58} — невиконання вимог інструкцій з охорони праці; x_{62} — інші;

x_{64} — незадовільні фізичні дані або стан здоров'я;

x_{65} — травмування внаслідок протиправних дій інших осіб.

3. Обладнання, устаткування, машини, механізми, транспортні засоби, експлуатація яких призвела до нещасного випадку:

$$y_3 = 4,5 + 2,53x_{67} + 0,4x_{70} - 0,13x_{72} + 0,9x_{96} + 1,5x_{99} + 0,1x_{102} + 3,73x_{122}, \quad (11)$$

де $x_{67}, x_{70}, x_{72}, x_{96}, x_{99}, x_{102}, x_{122}$ — найпоширеніше обладнання, устаткування, машини, механізми, транспортні засоби, експлуатація яких призвела до нещасного випадку у м. Луганську, а саме:

x_{67} — обладнання відсутнє;

x_{70} — устаткування гірничошахтне;

x_{72} — устаткування підйомально-транспортне (конвеєри);

x_{96} — верстати металорізальні;

x_{99} — устаткування технологічне для ливарного виробництва;

x_{102} — автомобілі;

x_{122} — інше обладнання.

Далі отримано прогнозні значення для кожного фактору та порівняно їх із статистичними даними. Таким чином перевірено адекватність роботи нечіткої математичної моделі експертної роботи підприємств-страхувальників при страхуванні від нещасних випадків на виробництві. Побудовані регресійні залежності фактично є продукційними правилами моделі нечіткої логіки, а тому вони можуть бути використані для уточнення («самонавчання») продукційної моделі експертної роботи.

Перевірка адекватності прогнозної моделі по причинах настання нещасного випадку має вигляд, що представлено на рис. 8.



Рис. 8. Статистичні та змодельовані дані кількості постраждалих в залежності від причин настання

Перевірка адекватності моделі прогнозування кількості постраждалих по видах подій має наступний вигляд (див. рис. 9).



Рис. 9. Статистичні та змодельовані дані кількості постраждалих в залежності від видів подій

Статистичні та змодельовані дані кількості постраждалих в залежності від видів обладнання представлені на рис. 10.

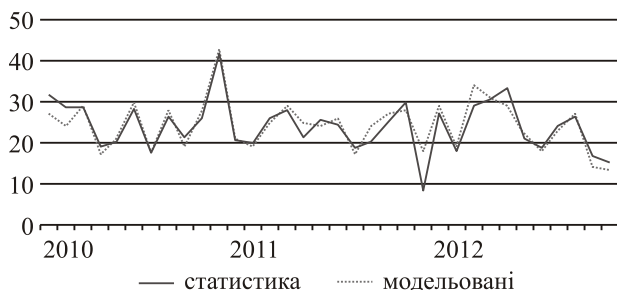


Рис. 10. Статистичні та змодельовані дані кількості постраждалих в залежності від видів обладнання

Таким чином, графіки по кожній залежності (9)—(11) свідчать про адекватність розробленої нечіткої математичної моделі експертної роботи підприємств-страхувальників при страхуванні від нещасного випадку на виробництві. Наведені графіки показують незначні відхилення статистичних даних від змодельованих.

Наслідком впровадження комплексу моделей страхової експертизи у Луганській дирекції Фонду страхування від нещасних випадків на виробництві є позитивна динаміка зменшення кількості постраждалих від нещасних випадків на виробництві за період з 2010 по 2012 роки.

Запропонований підхід до аналізу ризику нещасного випадку на виробництві дозволяє аналізувати ризик нещасного випадку на виробництві, налаштовуючись не тільки на період часу, га-лузь, але і з урахуванням характеристик самого підприємства, його економічної та управлінської специфіки.

Функціонування аналітичного блоку інформаційної системи Accident дозволяє експерту приймати рішення стосовно нещасних випадків на виробництві, робити висновки стосовно ефективності заходів забезпечення безпеки працюючих на підприємствах, спираючись на інформацію, що є складовою частиною інформаційної системи. Головною метою створення цього блоку, згідно Положення про службу страхових експертів з охорони праці, профілактики нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань [10], є можливість:

— аналізу постраждалих у розрізі відділень Фонду соціального страхування від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань України;

— аналізу постраждалих у розрізі видів діяльності страхувальників;

— аналізу постраждалих по підприємствам-страхувальникам;

— аналізу постраждалих по видах нещасних випадків;

— аналізу постраждалих у розрізі причин настання нещасних випадків;

— аналізу постраждалих по видах устаткування, експлуатація якого призвела до нещасних випадків;

— аналізу динаміки аварійності (в співставленні з відповідним періодом минулого року);

— повідомлення про нещасні випадки по затвердженій формі;

— інформування про стан виробничого травматизму;

— розрахунку коефіцієнту небезпеки по кожному окремому підприємству-страхувальнику.

Детально функціонування аналітичного блоку системи Accident було описано математичною моделлю на нечіткій логіці, яка, в свою чергу, є частиною комплексу моделей страхової експертизи. Завдяки нечіткій моделі відбувається побудова звітів в системі, а далі приймається рішення експертом.

Для більш детального розгляду події, яка трапилась на окремому підприємстві, обирається:

— період часу, в якому сталася або може статися подія;

— події, які вже розслідуванні, або ті, які ще розслідуються (або всі події разом);

— тип акту, що був складений (залежно від визнання страхового випадку);

— відділення або окремий підрозділ;

— одна причина або всі, що призвели до нещасного випадку;

— фактори та обладнання, що призвели до нещасного випадку.

Таким чином, формування звітів враховує усі параметри настання нещасного випадку на виробництві та ще включає у себе багато комбінацій вибору, загальна кількість яких більше 100.

Спираючись на дані звітності по підприємствам Луганська, експерт може робити висновки стосовно найбільш небезпечних підприємств. Таким чином експерт приймає рішення про вдосконалення тарифної політики цих підприємств та проведення ква-

ліфікаційної профілактичної роботи для забезпечення безпеки працюючих.

Також важливо те, що ці підприємства є найнебезпечнішими, тому заслуговують коригування тарифів страхування та особливої уваги з боку страхових експертів.

Практичне застосування нечіткої математичної моделі експертної роботи підприємств-страхувальників при страхуванні від нещасного випадку на виробництві для видів подій, причин та обладнання розглянемо на основі формування звітів в аналітичному блоці інформаційної системи Accident.

Формування звіту по причинах нещасних випадків по м. Луганськ в обраному періоді (2010-2012 рр.) дає змогу дослідити, які саме причини є найпоширенішими у місті. Зі звіту виявлено, що основна частина нещасних випадків стається по організаційним причинам, далі йдуть технічні та психофізіологічні. Згідно звіту робимо висновок, що найбільш небезпечними за видами страхових подій, що призвели до нещасного випадку, для міста Луганська є наступні:

- падіння постраждалого під час пересування;
- падіння, обвал, завалювання предметів, матеріалів, породи, ґрунту тощо;
- дія рухливих і обертальних деталей устаткування, машин і механізмів;
- падіння постраждалого з висоти.

Загальний звіт щодо обладнання дає змогу зробити висновок, що найбільш небезпечними для Луганська є устаткування гірничошахтне та устаткування підйимально-транспортне (конвеєри), що призводять до нещасних випадків на виробництвах міста.

Процес прийняття рішень на основі аналітичного блоку системи Accident дозволяє також експерту визначити, яке підприємство в регіоні є найбільш небезпечним для працівників та які чинники найбільше впливають на процеси підвищення безпеки на виробництві. У експерта з'являється можливість поставити у відповідність цим чинникам кількісні показники та пронормувати їх, а проаналізувавши ці показники, виявити найбільш небезпечні та провести гнучку профілактичну і тарифну політику.

Саме аналітичний блок дозволяє експерту в міру своєї обізнаності зробити дієву оцінку про стан справ на підприємстві-страхувальнику. Якщо цього буде замало, можна використати інші складові комплексу моделей страхової експертизи.

Страхова експертиза залежить, перш за все, від ефективної роботи страхового експерта Фонду соціального страхування від нещасних випадків та відповідних спеціалістів комерційних страхових організацій. Основу цієї роботи складають:

- удосконалення роботи зі страхувальниками, насамперед, за рахунок якісної оцінки їх страхової небезпеки;

- аналіз страхового поля при страхуванні від нещасних випадків як основи формування попереджувальних заходів.

Проведенням профілактичної політики займаються експерти з охорони праці, оскільки саме вони покликані здійснювати значну частину завдань з профілактики виробничого травматизму, в тому числі й консультативно-дорадчі функції. У виконавчій дирекції Фонду соціального страхування від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань України на сьогоднішній день працюють страхові експерти з охорони праці, які проводять свою роботу на зареєстрованих у Фонді підприємствах, установах, організаціях, незалежно від їх форми власності та виду економічної діяльності.

Внаслідок роботи експертів виявляються порушення законодавства про охорону праці. Потім складаються протоколи про адміністративні правопорушення, розглядаються скарги та заяви застрахованих, вносяться подання роботодавцю. Згідно рішення експерта наслідком може бути заборона подальшої експлуатації робочого місця, дільниць, цехів.

Наслідком використання комплексу моделей страхової експертизи у Луганській Дирекції Фонду страхування від нещасних випадків на виробництві і професійних захворювань стала позитивна динаміка відсоткового зниження кількості постраждалих після впровадження комплексу моделей. Це підтверджує ефективність страхової експертизи з використанням комплексу моделей та прийняття рішень на його основі.

Висновки

Було розроблено концепцію моделювання процесу страхової експертизи нещасних випадків на виробництві із застосуванням моделей на нечіткій логіці та імітаційних моделей, яка спрямована на зниження кількості постраждалих на виробництві та корегування тарифу страхування. Застосування цієї концепції дало змогу враховувати специфіку стану виробничої небезпеки підп-

приємства та прогнозувати кількість постраждалих на підприємстві в залежності від визначених законодавчо факторів та інших зовнішніх факторів.

Розроблений комплекс моделей страхової експертизи використовується для прийняття зваженого рішення страховим експертом щодо реалізації заходів превентивної та тарифної політики страховика.

Було проведено експериментальне дослідження запропонованих моделей на конкретних підприємствах, яке засвідчило їх адекватність. На практиці це відобразилось у відсотковому зменшенні кількості постраждалих на підприємствах і, відповідно, на зменшенні суми виплат відшкодувань по нещасних випадках, що впливає на підвищення фінансової стійкості страховика. Згідно отриманих результатів сформульовано рекомендації щодо організації подальшої роботи страхових експертів.

Таким чином, розроблений комплекс моделей може бути використаний у роботі не тільки страхових організацій, але й спрямований на вдосконалення соціальної політики держави (зокрема, було здійснено успішне впровадження у Фонді соціального страхування від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань України).

Література

1. Фонд соціального страхування від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань України.— [Електронний ресурс]: Режим доступу: <http://social.org.ua/ukr/press-centre/news/?id/> — Заголовок з екрану.
2. *Залетов О. М., Соболев А. М., Бондар О. В.* Страхування від нещасних випадків: навч. посіб.— К.: Міжнародна агенція «BeeZone».— 2003.— 352 с.
3. *Внукова Н. М., Кузьминчук Н. В.* Соціальне страхування.— К.: Кондор.— 2006.— 412 с.
4. *Бурков В. Н., Заложнев А. Ю., Кулик О. С., Новиков Д. А.* Механизмы страхования в социально-экономических системах.— М.: ИПУ РАН.— 2001.— 109 с.
5. *Шахов В. В., Миллерман А. С., Медведев В. Г.* Теория управления рисками в страховании.— М.: Финансы и статистика.— 2002.— 224 с.
6. *Борщев А. В.* Практическое агентное моделирование и его место в арсенале аналитика // *Exponenta Pro*.— 2004.— № 3—4.— С. 38—47.

7. *Карпов Ю.* Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5.— БХВ-Петербург.— 2006.— 400 с.
8. *Матвійчук А. В.* Штучний інтелект в економіці: нейронні мережі, нечітка логіка: Монографія.— К.: КНЕУ.— 2011.— 439 с.
9. *Мак Т.* Математика рискованого страхування.— М.: ЗАО «Олимп-Бизнес».— 2005.— С. 283.
10. Постанова Фонду соціального страхування від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань України «Про затвердження Положення про службу страхових експертів з охорони праці, профілактики нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань» № 24 від 15.08.2001 [Електронний ресурс]: Режим доступу: <http://zakon.nau.ua/doc/?code=v0024583-01/> — Заголовок з екрану.
11. *Кічка Т. О.* Методика інформаційного пошуку в страховій експертній системі // Проблеми глобалізації та моделі стійкого розвитку економіки: матеріали III-ї Всеукраїнської НПК студентів, аспірантів та молодих учених, 21—23 березня 2007 р.— Луганськ: СЛУ ім. В. Даля, 2007.— С. 243—245.
12. Закон України «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань з подальшою втратою працездатності»: (станом на 23 вересня 1999 року) / Верховна Рада України.— К.: Парламент. вид-во, 1999.— 25 с.— (Сер. «Закони України»).— N. 1105-XIV.
13. *Ротштейн А. П.* Медицинская диагностика на нечеткой логике.— Винница: Континент-Прим.— 1996.— 132 с.
14. *Сяваско М. С.* Інтелектуалізована інформаційна система «Нечіткий експерт».— Львів: Видавничий центр ЛНУ ім. І. Франка.— 2007.— 320 с.
15. *Holtan J.* Optimal Insurance Coverage under Bonus-Malus Contracts.— Norway.— 2001.— № 0114.— P. 175—186.

Стаття надійшла до редакції 27.02.2013