

## АНАЛИЗ РАЗЛИЧНЫХ РИСКОВ И ИХ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ПРЕДПРИЯТИЯ

Риск представляет собой понятие, которое используется в качестве способа оценки уровня безопасности процесса функционирования предприятия. Поскольку опасностей, которые могут существовать по отношению к предприятиям существует достаточно широкая разновидность, то необходимо определиться с разновидностью оценок, в качестве которых используется риск. Риски можно различать по последствиям, к которым приводят события, риск появления которых рассчитывается. Риски можно различать по методикам их расчета. Кроме того, риски можно различать по значениям параметров, которые рассчитываются, при определении риска. Первый способ классификации рисков широко используется и примерами типов рисков, которые при этом определяются, могут служить риски возникновения критических ситуаций, риски банкротств, если речь идет о предприятиях. Если речь идет о технических объектах, то примерами такого типа рисков могут служить риск возникновения аварии, риск появления неисправности и т.д.

Второй способ классификации определяется моделями, которые используются для расчета величины риска. Примерами такого типа рисков могут служить риски, расчет которых основывается на использовании вероятностных моделей, риски для расчета которых используются модели процессов, в рамках которых описываются события, риск возникновения которых необходимо определить. Этот подход наиболее широко используется, поскольку в этом случае описываются сами события, возникновение которых оценивается. Примером такого подхода является оценка рисков изменения погоды, оценка рисков возникновения критических атмосферных явлений и т.д.

Третий способ классификации рисков основывается на классификации параметров характеризующих риск. Одним из таких параметров является время, через которое событие связанное с риском, может произойти, вторым примером такого параметра может служить частота событий, в этом случае речь идет о риске повторения события и т.д.

Важной особенностью риска является его связь с прогнозированием, которое призвано определить исходные данные для определения оценки величины риска.

В рамках данной работы, будем рассматривать риск в тесной взаимосвязи с прогнозированием. Это означает, что величиной риска будем оценивать точность результатов, которые получены, при решении задачи прогнозирования. В случае использования логических моделей, для описания  $TP$ , величина риска возникновения некоторого события измерялась количеством формул, которые принимают пассивные значения в процессе реализации

вывода некоторого события идентифицирующего определенное состояние  $TP$ . Такой вывод состоял в переходе от одного фрагмента  $L_i^T(TP)$  к другому фрагменту  $L_j^T(TP)$ , для текущего интервала времени  $\Delta t_i$ . Оценки риска, которые основываются на использовании моделей процессов, по отношению к которым определяются величины риска, в нашем случае, являются наиболее приемлемыми, поскольку достаточно легко обеспечить требования, которые должны выполняться, при реализации измерений. Примером выполнения требований по обеспечению, по возможности, линейных функций изменения шкалы, может служить связь шкалы изменений величины  $RL$  с количеством фрагментов логических формул, описывающих  $TP$ . Такое важное требование, как обеспечение соизмеримости используемой шкалы с измерением параметров, по отношению к которым измеряется риск, тоже достаточно легко обеспечивается, поскольку соизмеримыми параметрами являются параметры результатов прогноза. Это позволяет рассматривать величину риска, как некоторую оценку точности прогнозирования события, по поводу которого используется соответствующая оценка.

Из изложенного видно, что для более полноценного использования понятия риска, необходимо расширить среду, в которой это понятие рассматривается. Таким, естественным расширением является использование понятия когнитивных принципов. Для их практической реализации, при осуществлении оценок риска, будем использовать необходимый ассортимент информационных компонент. Используя только аналитическую часть модели процесса прогнозирования, достаточно сложно учитывать широкий аспект факторов, которые могут влиять на величину оценки риска. Более того, в случае упрощенного способа определения риска, как величины ошибки прогнозирования, полная достоверность такой оценки может быть достигнута только в том случае, когда соответствующее событие произошло и появилась возможность сравнить прогнозируемый результат с реально произошедшим событием.

Формально, модель прогнозирования представлена, как некоторая функция от всех компонент, которые принимают участие в процессе функционирования предприятия. Естественно предположить, что формирование такой функции в некотором аналитическом виде не возможно, поскольку компоненты представляют собой, во многих случаях неформализуемые объекты. Примером таких неформализуемых компонент может служить информационная модель, система эвристических компонент, модели интерпретационных описаний отдельных компонент и т.д. В связи с этим, необходимо достаточно детально рассмотреть следующие задачи:

- взаимосвязь между отдельными компонентами модели прогнозирования, которая, по существу, является системой прогнозирования  $SP(H_i, \tau_i)$ ,
- разработать методы согласования значений параметров отдельных компонент,

- разработать способы определения синхронизирующего параметра, который был бы общим для всех компонент  $SP$ ,
- способ определения или вычисления значений параметров, которые соответствовали бы значению синхронизирующего параметра, определяющего тот факт, что определяемые значения не являются текущими значениями или, тем более значениями предшествующими,
- построить систему шкал, которые используются для параметров компонент имеющих различную природу и различный способ представления,
- метод сведения совокупности параметров и их шкал к единой шкале, которая используется для определения оценки величины риска,
- проанализировать особенности интерпретации риска, как некоторого интегрального параметра, который, по существу, является параметром оценки системы прогнозирования  $SP$ .

Взаимосвязи между компонентами могут устанавливаться между отдельными выделенными компонентами. Поэтому нет необходимости требовать, чтобы каждая компонента была непосредственно связанной со всеми остальными компонентами. Достаточно, чтобы ни одна компонента участвующая в описании  $SP$  не оказалась не связанной с совокупностью связанных компонент. Это позволяет компоненты подобрать в виде определенных пар, которые в силу своей природы могут быть взаимосвязанными. Такая пара отдельных компонент или группа взаимосвязанных компонент может допускать новую или расширенную непротиворечивую интерпретацию, которая позволяет установить взаимосвязь между группой ранее связанных компонент с новой компонентой, взаимосвязь между которой и отдельно взятыми из группы компонентами могла бы оказаться возможной. Таким образом, взаимосвязи между отдельными компонентами могут быть представлены в виде некоторой фиксированной структуры, которая формируется в рамках  $SP$ .

Первой парой компонент, которые интерпретационно наиболее близки и входят в  $SP$ , являются информационная модель  $IM$  и модель интерпретации или компонента  $IRM$ . Взаимосвязь между ними основывается на использовании интерпретационных текстовых описаний  $j(x_i)$  с соответствующими семантическими параметрами. Семантические параметры являются теми элементами компонент, которые носят числовой характер и позволяют, кроме качественных связей, устанавливать количественные взаимоотношения. Поэтому, рассмотрим такую взаимосвязь на уровне анализа структуры каждой из компонент. Компонента  $IRM$  запишется в следующем виде:

$$j(x_i) = \langle \alpha_{i1}, \dots, \alpha_{in} \rangle \text{ I } \langle p_{i1}, \dots, p_{ik} \rangle \text{ I } \langle f_{i1}, \dots, f_{ik} \rangle$$

Информационная модель представляет собой совокупность семантических элементов и описывается соотношением:

$$IM = F[S_C, \Sigma_i, A(\sigma)]$$

Компонента  $j(x_i)$  является элементом семантического словаря. Поэтому, взаимосвязь между  $IRM$  и  $IM$  тривиальная и описывается следующим соотношением:

$$j(x_i) \in S_C \subset IM .$$

Следовательно, на вид функции  $F$  из  $IM$  наличие  $j(x_i)$  не влияет. Существо взаимосвязи между отдельными элементами может состоять в следующем:

- взаимосвязь позволяет вычислять по известным значениям параметров одной компоненты неизвестные значения параметров другой компоненты и, если такая взаимосвязь симметричная, то допустимо и обратное вычисление,
- взаимосвязь описывает определенные ограничения или условия взаимного использования связываемых компонент,
- взаимосвязи могут определять новые характеристики, параметры или новые качества объединенных компонент.

В случае взаимосвязей между  $IM$  и  $j(x_i)$  существо взаимосвязей состоит в описании ограничений и условий взаимного существования, что формально описывается следующим соотношением:

$$IM \Leftrightarrow IRM \Rightarrow [j(x_i) \notin S_C \subset IM] \rightarrow \{[(S_C, \Sigma_i) \rightarrow j(x_i)] \vee \neg [j(x_i) \& IM]\}$$

где  $\Leftrightarrow$  означает взаимосвязь между  $IRM$  и  $IM$  .

Компонента  $m_i$  представляет собой модель  $i$  -того текущего состояния  $TP$ , которая описывается также в виде соотношения  $L_i^T(TP)$ , если соответствующая модель формируется на уровне логического описания  $TP$  . В связи с этим, рассмотрим взаимосвязь между компонентами  $L_i^T(TP)$  и  $L_i^{CP}(TP)$ , где вторая компонента является, в данном случае, описанием на логическом уровне цели процесса функционирования  $TP$  . По определению логической модели производства, между  $L_i^T(TP)$  и  $L_i^{CP}(TP)$  существует несимметричная взаимосвязь, которая описывается соотношением:

$$L_i^T(TP) \Rightarrow [L_i^{CP} = L_1^T(TP) \rightarrow \dots \rightarrow L_n^T(TP) \rightarrow L_i^{CP}] ,$$

где последовательность  $L_i^T(TP)$  представляет собой логическое описание технологического процесса  $TP$  в последовательные моменты времени  $t = (1, \dots, n)$  . Таким образом,  $m_i = L_i^T(TP)$  связана с  $L_i^{CP}(TP)$  . В этом соотношении время присутствует в менее явном виде, поскольку время  $t_i$  отображено в виде индексов текущих состояний  $TP$  . Поэтому, весь процесс производства продукта, которым может быть товар, услуга или любое

экономическое действие, например, инвестиция, покупка или продажа, можно в общем виде записать следующим соотношением:

$$L_i^p(TP) = F[L_i^t(TP), L_i^{CP}, t],$$

где  $t$  время функционирования  $TP$  в рамках модели  $L_i^p(TP)$  начиная от момента  $t_0$  до момента достижения цели функционирования  $TP$ , которая описывается логической формулой  $L_i^{CP}(TP)$ . Время прогнозирования  $\tau_i$  связано с интервалом времени  $\Delta t_i$  соотношением:  $\tau_i = \Delta t_i - t_i$ . В рамках системы прогнозирования установлены зависимости между следующими компонентами:

$$(IM) \Rightarrow IRM \ \& \ (L^p(TP) \Rightarrow L^{CP}(TP)) \ \& \ (\tau \Rightarrow L^p(TP)).$$

Осталось установить взаимосвязь между  $E$  и остальными компонентами. Компонента  $E$  представляет систему эвристик, которая отображает специфику  $W_i$ . Как уже отмечалось,  $E$  может быть объединена с  $\Sigma_i$ , которое обозначает систему логических правил вывода. Для примера, рассмотрим Генценовскую систему вывода, поскольку она допускает наименее формализованную интерпретацию [1]. Рассмотрим правило  $MP$  из этой системы, которое представляется в виде:

$$MP: [x_i, x_i \rightarrow x_j] \Rightarrow x_j, \quad (1)$$

где  $x_i$  и  $x_j$  - компоненты  $W_i$ , а правило  $MP$  обладает наиболее высоким уровнем абстракции. Эвристические принципы и, соответственно, правила в соответствии с [2], делятся на следующие группы:

- правила, которые используются для формирования цели решения задачи и выбора возможного подхода к решению рассматриваемой задачи,
- правила, реализующие методы решения задач, которые сформулированы в рамках первой группы эвристических правил,
- правила, которые позволяют осуществлять анализ решения задач с целью упрощения условий или используемых решений.

Принципы первого типа принято называть аналитическими принципами. Правила второго типа характерны для методов синтеза. Правила третьего типа представляют собой правила выбора нестандартных решений и, по существу, являются критериями анализа нетривиальности методов решения задачи [3].

Исходя из возможностей приведенной выше классификации, можно принять следующие общие положения о возможностях и целях использования эвристик в системах вывода, к которым можно отнести следующее:

- ограничение уровня абстракции процедуры вывода на отдельных этапах или шагах вывода с целью учета особенностей предметной области, в которой решается конкретная задача:

- расширение допустимых интерпретаций переменных, участвующих в решении задачи, с целью обеспечения возможности модификации отдельных шагов процесса вывода,
- формирования новых аксиом на основе анализа семантических параметров текстовых интерпретаций компонент предметной области  $W_i$ ,
- построение новой компоненты, позволяющей расширить описание фрагмента задачи на основе использования синтаксических правил используемого естественного языка описания интерпретационных расширений.

Рассмотрим формальное описание приведенных выше типов эвристических правил. Уровень абстракции описаний определяется способом интерпретации переменных и интерпретацией рассматриваемых функциональных связей совместно с интерпретацией результата выполнения соответствующего функционального преобразования. В случае логических переменных, последняя для своей интерпретации использует множество  $\{0,1\}$ , что существенно ограничивает разнообразие интерпретаций, которые возможны, при определении значений  $x_i$  [4]. Пусть область определения  $x_i$  в  $W_i$  представляет собой множество  $\beta$ . Тогда, для перевода  $x_i$  в двоичную переменную, необходимо  $\beta$  разделить на два подмножества  $\beta_0$  и  $\beta_1$ , каждое из которых соответствовало бы двоичному значению  $x_i = 0$  и  $x_i = 1$ , соответственно. В этом случае, эвристические правила можно использовать для формирования необходимого разбиения множества  $\beta$ . Кроме того, эвристические правила можно использовать, для формирования  $\beta_i$  отдельным  $x_i$ . Каждая компонента  $x_i$  описывается в  $S_C$  текстовой интерпретацией  $j(x_i)$ , которая содержит слова, идентифицирующие  $x_i$  в  $W_i$  и слова, описывающие степень принадлежности соответствующего идентификатора к некоторому классу объектов. Каждое слово  $\alpha_i$  относящееся к описанию принадлежности  $x_i$ , описывается семантическими параметрами условного отнесения  $x_i$  к некоторой допустимой области. Например, пусть  $\alpha_i$  означает <больше  $\alpha_j$ > что записывается в виде пары  $\langle \alpha_j, \alpha_i \rangle$ . Тогда  $\alpha_i$  обладает семантическим параметром условного отнесения  $\eta$ , который определяет диапазон размеров, для которых  $\alpha_i$  имеет место по отношению к  $\alpha_j$ . Формально, это описывается в виде  $\langle \alpha_j, \alpha_i(g_1, g_2) \rangle$ , где  $g_1$  и  $g_2$  определены на  $\{c_1, c_2\}$ , где  $c_1$  и  $c_2$  числовые величины в оговоренных единицах измерения. В каждом конкретном случае описания  $j(x_i)$  в  $\alpha_i(g_1^*, g_2)$  используется индикатор реализации. В общем виде, такой

фрагмент  $j(x_i)$  запишется в виде  $\alpha_i(g_1, g_i^*, g_2)$ . Ограничение уровня абстракции, которое описывается эвристическим соотношением:

$$\{x_i, x_i \rightarrow x_j, \sigma[j(x_i), \alpha_i], \sigma[j(x_j), \alpha_k]\} \rightarrow x_j \quad (2)$$

где  $\sigma[j(x_i), \alpha_i]$  означает, что по отношению к общему разделению множеств  $\beta$ , в соотношении (1), при интерпретации (2), необходимо учитывать ограничение области определения переменной  $x_i$  и  $x_j$  соответствующими семантическими значениями  $\alpha_i$  и  $\alpha_k$ , для  $x_i$  и  $x_j$ , соответственно, которые определены в интерпретационных описаниях  $S_C$  для  $x_i$  и  $x_j$ . Во многих случаях, семантические ограничения являются дискретными. В общем случае, семантические условия типа параметров условного ограничения  $\sigma''$ , являются не единственно возможными. Ограничения могут касаться всех аспектов использования логических функций, например, ограничения касающиеся допустимости использования тех или иных функциональных связей и т.д. В общем случае,  $\sigma''$  задается в виде некоторой функции разрешения  $\sigma_i''$ . В этом случае, для дизъюнкции можно записать расширенное соотношение включающее  $\sigma_i''$ :

$$p^D = \sigma_1'' A_1 \vee \sigma_2'' A_2,$$

где  $A_1$  и  $A_2$  - логические формулы или переменные,  $\sigma_1''$  и  $\sigma_2''$  - функции разрешения для  $A_1$  и  $A_2$ . Функции  $\sigma_1''$  и  $\sigma_2''$  могут представлять собой не только описание семантических ограничений, но и функцию, которая описывает условия использования соответствующих ограничений или условия, определяющие допустимость использования соответствующей формулы  $A_i$ . Содержательная интерпретация соотношения  $\sigma_j'' = 1$  состоит в том, что ситуация в системе идентифицируемая  $\sigma_i''$  имеет место и использование логической формулы  $A_i$  допустимо. Если  $\sigma_i'' = 0$ , использование  $A_i$  не допустимо. В соответствии с принятой интерпретацией, рассмотрим описание предиката  $\mathfrak{Z}$  для  $p^D$ . Такой предикат можно описать в виде следующего соотношения:

$$\begin{aligned} p^D &= [\forall \sigma_i'' ((\sigma_i'' \in \mathfrak{R}) \& (\sigma_i'' = 1)) \rightarrow (p^D \Rightarrow DI)] \& \\ &[\forall \sigma_i'' \exists \sigma_j'' ((\sigma_j'' = 0) \& ((\sigma_i'', \sigma_j'') \in \mathfrak{R})) \rightarrow (p^D \Rightarrow \sigma_i''(A_k))] \&, \\ &[\forall \sigma_i'' ((\sigma_i'' = 0) \& (\sigma_i'' \in \mathfrak{R})) \rightarrow (p^D = \perp)] \end{aligned}$$

где  $DI$  - классическая дизъюнкция  $DI = A_1 \vee A_2$ ,  $\sigma_i''(A_i)$  - определяет область влияния  $\sigma_i''$  в системе формул  $\mathfrak{R}$ :

$$\mathfrak{R} = \{A_1, \dots, A_n\}.$$

Условно ограниченной конъюнкцией  $p^K$  будем называть выражение представленное следующим образом:

$$p^K = \sigma_1^u A_1 \& \sigma_2^u A_2,$$

где  $A_1$ ,  $A_2$  и  $\sigma_1^u$ ,  $\sigma_2^u$  - имеют интерпретацию аналогичную с интерпретацией в  $p^D$ . Описание предиката  $p^K$  можно представить в виде следующего соотношения:

$$\begin{aligned} p^K = & \{ \forall \sigma_i^u ((\sigma_i^u \in \mathfrak{R}) \& (\sigma_i^u = 1)) \rightarrow (p^K = KI) \} \& \\ & [ \forall \sigma_i^u \exists \sigma_j^u [ (\sigma_j^u = 1) \& ((\sigma_i^u, \sigma_j^u) \in \mathfrak{R}) \rightarrow (p^K = 0) ] \& , \\ & [ \forall \sigma_i^u ((\sigma_i^u = 0) \& (\sigma_i^u \in \mathfrak{R})) \rightarrow (p^K = \perp) ] \end{aligned}$$

где  $KI$  - классическая конъюнкция ( $KI = A_i \& A_j$ ), символ  $\perp$  - означает недопустимость использования соответствующей логической функции.

Одноместный предикат отрицания  $\neg$  связанных в  $A_i$  переменных для  $\sigma_i^u$  прозрачен. Это означает, что имеет место соотношение:

$$\neg((\sigma_i^u \vee \sigma_j^u \vee \sigma_k^u)x_i) \Rightarrow ((\sigma_i^u \vee \sigma_j^u \vee \sigma_k^u)\neg x_i).$$

Представление об условной импликации  $p^I$  рассмотрим, используя следующее соотношение:

$$(A_i \rightarrow A_j) \Rightarrow (\neg A_i \vee A_j).$$

В этом случае  $(\sigma_i^u \neg A_i \vee \sigma_j^u A_j) \rightarrow (\sigma_i^u A_i^* \rightarrow \sigma_j^u A_j)$ , где  $A_i^* = \neg A_i$ . Описание предиката  $p^I$  в соответствии с этим соотношением можно представить в следующем виде:

$$\begin{aligned} p^I = & [ \forall \sigma_i^u ((\sigma_i^u = 1) \& (\sigma_i^u \in \mathfrak{R}) \rightarrow (p^I = II) ] \& \\ & [ \forall \sigma_i^u \exists \sigma_j^u ((\sigma_j^u = 0) \& (\sigma_i^u, \sigma_j^u \in \mathfrak{R})) \rightarrow (p^I = \sigma_i^u (A_k)) ] \& , \\ & [ \forall \sigma_i^u ((\sigma_i^u = 0) \& (\sigma_i^u \in \mathfrak{R})) \rightarrow (p^I = \perp) ] \end{aligned}$$

где  $II$  - классическая импликация ( $I = A_i \rightarrow A_j$ ). Таким образом,  $p^D$ ,  $p^K$  и  $p^I$  определяют правила вычисления логических формул с параметрами условного ограничения.

Как отмечалось выше, определение разрешения на анализ ситуации в некотором процессе  $TP$  осуществляется посредством вычисления значения разрешающих функций  $\sigma_i^u$  в системе  $\mathfrak{R}$ , которая описывает на логическом уровне предметную область интерпретации  $W_i$ . Если процессы  $TP_i$  определены алгоритмами решаемой задачи, то задача выявления недопустимых в соответствии с  $\sigma_i^u$  алгоритмов может рассматриваться только по отношению к ошибкам, которые внесены при составлении описания системы  $\mathfrak{R}$ . В этом случае, необходимы средства формирования

или модификации разрешающих функций. Эти средства, в рамках предлагаемого подхода могут быть построены достаточно легко. В качестве базовых средств построения новых  $\sigma_i''$  могут быть приняты прототипы следующих правил:

$$\{A_i \rightarrow A_j, A_i \mapsto A_j, A_i(x_j), a \mapsto A(a)\}.$$

Будем говорить, что разрешающая функция  $\sigma_i''$  приписана к  $A_i$  в  $\mathfrak{R}$ , если  $\sigma_i''$  является разрешающей функцией для  $A_i$ . В общем случае, для системы  $\mathfrak{R}$ , описывающей совокупность процессов  $L^W(TP) = \{L_1^T(TP), \dots, L_n^T(TP)\}$  можно записать следующее соотношение:

$$\mathfrak{R} = \aleph[\sigma_i'' A_i(x_i)],$$

где  $\aleph$  - произвольная логическая формула. Разрешающая функция  $\sigma_i''$  не воздействует на  $A_i(x_i)$ , если последняя пустая или тождественно истинна. Если  $\sigma_i''$  разрешает вычисление  $A_i$ , то этот случай будем обозначать в виде  $\sigma_i'' \Rightarrow A_i$  и если  $\sigma_i''$  не разрешает вычисление  $A_i$ , то этот случай будем обозначать в виде записи  $\neg(\sigma_i'' \Rightarrow A_i)$ . В общем случае, можно записать следующее соотношение:

$$[(\sigma_i'' = \Lambda) \& (\mathfrak{R} \mapsto \sigma_i'')] \Rightarrow \neg(\sigma_i'' \Rightarrow A_i),$$

где  $\Lambda$  - пустое множество.

Взаимосвязь разрешающих функций  $\sigma_i''$  с функциями  $A_i$  достаточно разнопланова. Поэтому, сформируем следующие критерии возникновения недопустимых ситуаций в технологических процессах  $TP_i$ , при использовании разрешающих функций  $\sigma_i''$ :

*Определение 1.* Если значения  $\sigma_i''$  и  $\sigma_j''$  в  $\mathfrak{R}$  приводят к противоречию в  $\mathfrak{R}$ , то это означает, что эвристическое расширение  $\Xi_i$  системы  $\Sigma_i$  этими правилами приведет к возникновению семантических противоречий в системе  $\mathfrak{R}$  в целом.

*Определение 2.* Если  $A_i$  в  $\mathfrak{R}$  приводит к противоречию, а  $\sigma_i''$  разрешает  $A_i$ , то в системе  $\mathfrak{R}$  существует ошибка функционирования  $L^P(TP)$  в одном из  $TP_i$ .

1. Математическая теория логического вывода. М.: Наука, 1967.
2. *Серебрянников О.Ф.* Эвристические принципы и логические исчисления. М.: Наука, 1970.
3. *Манин Ю.И.* Доказуемое и недоказуемое. М.: Советское радио, 1979.
4. *Slupiecki J., Borkowski L.* Elementy logiki matematycznej i teorii mnogosci. Warszawa:PWN, 1963.