



Логико-онтологическое моделирование управления рисками грузового порта

© 2024, И.О. Бондарева

Астраханский государственный технический университет, Астрахань, Россия

Аннотация

Предприятия любой сферы, в том числе в транспортно-логистическом секторе, сталкиваются с необходимостью получения конкурентного преимущества за счёт применения инновационных методов управления. К ним можно отнести комплексное использование методов управления организационными системами наряду с применением прогрессивных средств и технологий. Особое внимание уделяется управлению рисками с целью недопущения нежелательных ситуаций. В данной работе впервые представлено описание логико-онтологической модели комплексного применения многоуровневого целеполагания на основе сбалансированной системы показателей и логико-вероятностного моделирования для поддержки принятия решений по управлению рисками грузового порта. В качестве рисков рассматриваются ситуации недостижения целей деятельности грузового порта, включая недостижения нормативных значений показателей. Комплексное использование технологий сбалансированной системы показателей и логико-вероятностного моделирования позволило построить общую концепцию многоуровневого целеполагания. Её основное преимущество заключается в детальной проработке целей компании, подчинённых основной стратегической цели. Это позволяет оказывать влияние на операционные события и получать положительный результат в тактическом и стратегическом планах. Онтологическая модель содержит всю информацию о взаимодействии элементов, влияющих на наступление рисков событий, и позволяет осуществлять выборку вариантов выхода из рисков ситуации в соответствии с заданными условиями. Результаты запросов к риск-ориентированной онтологической модели являются вариантами управленческих решений, направленных на снижение рисков в работе грузового порта.

Ключевые слова: логико-онтологическое моделирование, управление рисками, сбалансированная система показателей, многоуровневое целеполагание, принятие решений, грузовой порт.

Цитирование: Бондарева И.О. Логико-онтологическое моделирование управления рисками грузового порта // Онтология проектирования. 2024. Т.14, №1(51). С.119-133. DOI:10.18287/2223-9537-2024-14-1-119-133.

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение

Наличие большого числа внешних факторов и связей предприятий транспорта, в т.ч. грузовые порты (ГП), приводят к необходимости изыскивать актуальные средства поддержки управленческих решений с целью их эффективной деятельности на рынке. Наличие в данном процессе рисков ситуаций представляется естественным и крайне нежелательным барьером для планомерного развития [1, 2]. В связи с этим компании заинтересованы в получении инструментария, позволяющего заблаговременно предвидеть подобные ситуации и посредством выработки оптимального управленческого решения ликвидировать риски, не давая им возможность перерасти в глобальные проблемы для целостной организационной системы.

1 Управление рисками ГП на основе многоуровневого целеполагания

Оценивать риски ГП предлагается с использованием концепции многоуровневого целеполагания [3]. В основе данной концепции лежит идея исследования целей ГП путём форму-

лирования генеральной (стратегической) цели с последующей декомпозицией её на детализированные. Высокая степень детализации целей позволяет при необходимости корректировать операционные события с целью получения положительного результата в тактическом и стратегическом планах в долгосрочной перспективе. Многоуровневость целеполагания присутствует в известном методе стратегического управления – сбалансированная система показателей (ССП) [4] и в данной работе – построенной многоуровневой логико-вероятностной (ЛВ) модели рисков ГП. Все цели, поставленные ГП, а также показатели оценки их достижения отражены в построенной ССП [5]. Под рисковыми подразумеваются ситуации, связанные с недостижением сформулированных целей ГП и установленных нормативных значений показателей оценки деятельности ГП. Логические и вероятностные связи между целями различных уровней целеполагания, показателями их оценки, а также связанными с ними рисками отражены в построенной ЛВ модели [6]. Составленные в рамках данной модели сценарии риска в комплексе с логическими и вероятностными моделями риска, связанными с каждой отдельной целью и оценивающими её показателями, могут быть использованы для нахождения явных и неявных причинно-следственных связей, а также выявления степени влияния отдельных составляющих на возможность наступления рискованной ситуации [7]. Устранение потенциального риска на более детализированном уровне позволяет исключить влияние стратегического риска на деятельность ГП [8]. Для связи воедино компонентов концепции управления рисками предлагается в качестве инструмента поддержки принятия решений использовать логико-онтологическую модель, включающую наряду с описанием элементов онтологии логическую интерпретацию взаимосвязей между структурными единицами онтологической модели (ОМ).

2 Логико-онтологическая модель управления рисками ГП

Использование выявленных причинно-следственных связей, обозначенных в построенной ЛВ модели [9, 10], позволило разработать ОМ управления рисками ГП. ОМ позволяет осуществить выборку вариантов выхода из предполагаемой ситуации риска в условиях влияния различных факторов. На основе запросов по конкретным ситуациям с помощью онтологии можно получить рекомендации для принятия управленческих решений.

Созданная ОМ отражает традиционный набор концептов-классов, утверждений, объектных свойств, свойств данных и продукционных правил [11]. Все элементы онтологии связаны на основе знаний о взаимосвязях между рисками, целями, показателями и элементами, входящими в расчёт показателей оценки деятельности ГП.

Онтологию O_{CPRM} «Управление рисками ГП» можно представить в виде следующего упорядоченного набора элементов: $O_{CPRM} = \langle S, Ind \rangle$, где S – утверждения, соответствующие уровню схемы онтологии O_{CPRM} , а Ind – множество утверждений, соответствующих индивидам онтологии. Множество S может быть определено кортежем, состоящим из следующих взаимосвязанных элементов: $S = \{S^C, S^O, S^D, S^A\}$, где S^C – множество утверждений, характеризующих классы (концепты) онтологии; S^O – множество утверждений, описывающих объектные свойства, объявленные и используемые в онтологии для формирования связей между концептами; S^D – множество утверждений, описывающих свойства данных и S^A – множество аксиом, представляющих основные ограничения для элементов множеств S^C, S^O, S^D [12].

2.1 Описание структурных элементов ОМ

В ОМ O_{CPRM} представлены три независимых родительских класса S^C : $S^C = \{S^C_G, S^C_I, S^C_R\}$, где S^C_G – родительский класс «Цели», содержащий сведения о целях, выявленных в ГП, S^C_I – родительский класс «Показатели», содержащий сведения о показателях оценки достижения

цели; S^C_R – родительский класс «Риски», содержащий сведения о рисках, с которыми может столкнуться ГП при достижении поставленных целей.

На рисунке 1 показана иерархическая структура классов ОМ. В качестве примеров на рисунке 2 представлены экземпляры классов «Цели» и «Показатели».

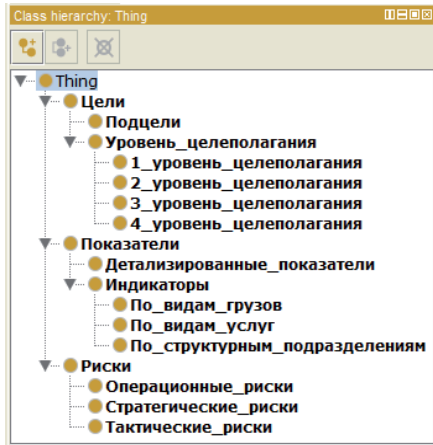


Рисунок 1 – Иерархическая структура классов онтологической модели

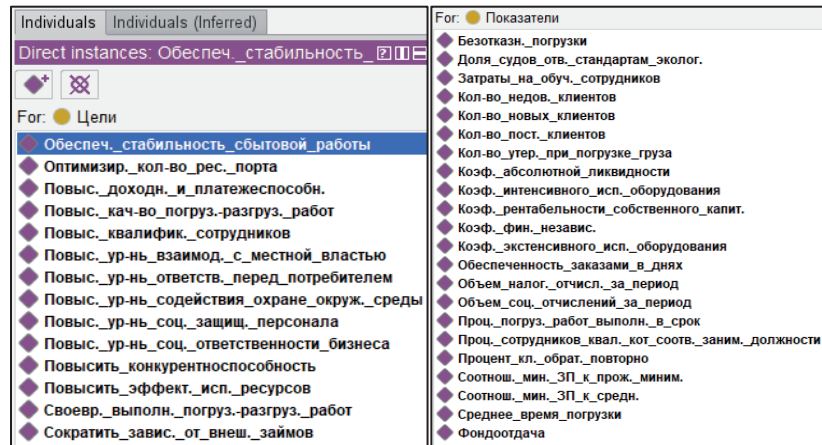


Рисунок 2 – Экземпляры классов «Цели» и «Показатели»

2.1.1 Класс «Цели»

Множество S^C_G может быть представлено совокупностью: $S^C_G = \{GN, S^C_{DG}, S^C_{LGS}\}$, т.е. родительский класс «Цели» включает экземпляр GN , соответствующий генеральной цели ГП (повышение конкурентоспособности), а также два дочерних класса: S^C_{DG} – «Подцели», содержащий сведения о детализированных целях, а также S^C_{LGS} – «Уровень целеполагания», содержащий сведения об уровнях целеполагания, к которым относятся каждая из детализированных целей. Таких уровней выделено четыре: $S^C_{LGS} = \{S^C_{1LGS}, S^C_{2LGS}, S^C_{3LGS}, S^C_{4LGS}\}$, где S^C_{1LGS} , S^C_{2LGS} , S^C_{3LGS} и S^C_{4LGS} включают детализированные цели с первого по четвертый уровни целеполагания.

Цель является детализированной тогда и только тогда, когда существует уровень целеполагания, к которому данная цель относится: $S^C_{DG} = S^C_G \wedge S^C_{LGS}$ или, если класс любого из четырех уровней целеполагания содержит в себе данную цель $S^C_{DG} = S^C_G \wedge (S^C_{1LGS} \vee S^C_{2LGS} \vee S^C_{3LGS} \vee S^C_{4LGS})$, или $S^C_{DG} = (S^C_G \wedge S^C_{1LGS}) \vee (S^C_G \wedge S^C_{2LGS}) \vee (S^C_G \wedge S^C_{3LGS}) \vee (S^C_G \wedge S^C_{4LGS})$. GN находится вне четырех выделенных уровней целеполагания.

В связи с представлением целей в виде древовидной (многоуровневой) структуры, на вершине которой находится GN , необходимая к достижению и далее декомпозируемая на подцели, которые её поддерживают и обеспечивают, были созданы следующие взаимобратные связи: S^O_{DbG} – «подразделяется_на_цель» – связь, представляющая собой разделение цели на подцели, и S^O_{CtG} – «объединяется_в_цель» – связь, представляющая собой объединение подцелей в более крупную цель.

В случае, если любая цель может быть уточнена другой целью на более низком уровне, то цель нижнего уровня является подцелью S^C_{DG} для цели верхнего уровня. Таким образом множество целей имеет подмножество подцелей, которые также являются целями, но подцелями их делает наличие отношений S^O_{DbG} и S^O_{CtG} для соответствующих уровней целеполагания. Справедливы следующие соотношения: $S^C_{DG} = S^C_G \wedge S^O_{DbG}$; $S^C_G = S^C_{DG} \wedge S^O_{CtG}$. С использованием инструмента *Protégé* построено дерево целей ГП, представленное на рисунке 3.

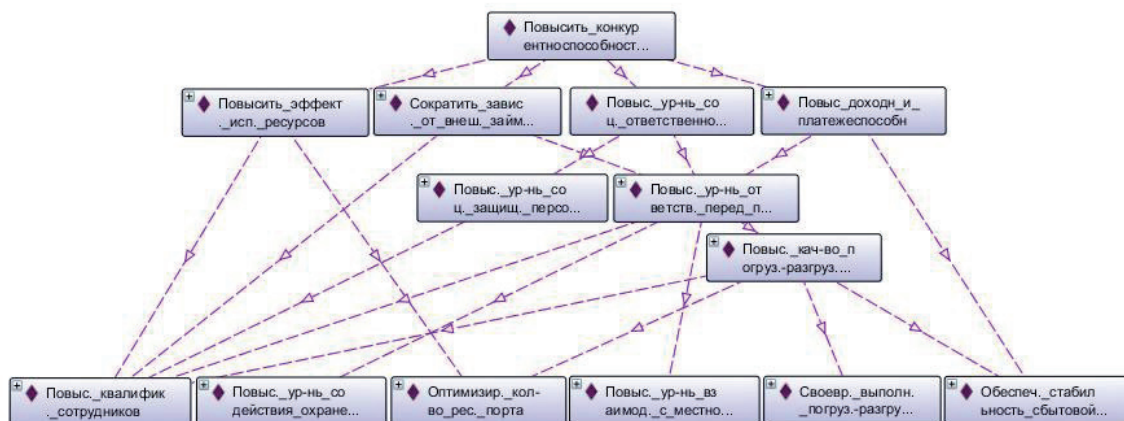


Рисунок 3 – Дерево целей грузового порта

Множество элементов класса S^C_{ILGS} можно представить следующим образом

$$S^C_{ILGS} = \{GN_1, GN_2, GN_3, GN_4\},$$

где цели: GN_1 – сократить зависимости от внешних займов, GN_2 – повысить эффективность использования ресурсов, GN_3 – повысить уровень социальной ответственности бизнеса, GN_4 – повысить доходность и платёжеспособность.

Для цели GN_1 детализирующими целями следующего (второго) уровня являются: GN_{11} – повысить квалификацию сотрудников и GN_{12} – повысить уровень ответственности перед потребителями. Для цели GN_2 детализирующими целями второго уровня целеполагания являются: GN_{21} и GN_{22} – оптимизировать количество ресурсов ГП. Для GN_3 : GN_{31} – повысить уровень социальной защищённости персонала. Для GN_4 : GN_{41} – обеспечить стабильность сбытовой работы. Второй уровень целеполагания представлен следующими экземплярами: $S^C_{2LGS} = \{GN_{11}, GN_{12}, GN_{21}, GN_{22}, GN_{31}, GN_{41}\}$.

Третий уровень целеполагания представляет декомпозиция цели GN_{12} на следующие: GN_{121} – повысить уровень содействия охране окружающей среды, GN_{122} – повысить уровень взаимодействия с местной властью, GN_{123} – повысить качество погрузочно-разгрузочных работ. $S^C_{3LGS} = \{GN_{121}, GN_{122}, GN_{123}\}$.

Четвёртый уровень целеполагания представляет декомпозиция цели GN_{123} . Достижение данной цели зависит от подцелей: GN_{1231} – своевременное выполнение погрузочно-разгрузочных работ и GN_{41} . $S^C_{4LGS} = \{GN_{1231}, GN_{41}\}$.

Главная стратегическая цель «Повысить конкурентоспособность», находящаяся на самом верхнем уровне, состоит из подцелей, расположенных на нижних уровнях. Выстраивание чёткой иерархии целей достигается за счёт присвоения связи S^O_{DbG} свойства транзитивности. Если имеются произвольные экземпляры GN , GN_1 и GN_{11} класса S^C_G , и они связаны каким-то свойством S^O_{DbG} класса S^O , и если S^O_{DbG} обладает характеристикой транзитивности, то из того, что GN связана с GN_1 свойством S^O_{DbG} и GN_1 связана с GN_{11} тем же свойством S^O_{DbG} , следует, что GN также связана с GN_{11} свойством S^O_{DbG} :

$$\text{if } GN \xrightarrow{S^O_{DbG}} GN_1 \text{ and } GN_1 \xrightarrow{S^O_{DbG}} GN_{11} \text{ then } GN \xrightarrow{S^O_{DbG}} GN_{11}.$$

Аналогично можно описать взаимосвязи всех остальных детализированных целей с GN ГП:

$$\text{if } GN \xrightarrow{S^O_{DbG}} GN_1 \text{ and } GN_1 \xrightarrow{S^O_{DbG}} GN_{12} \text{ then } GN \xrightarrow{S^O_{DbG}} GN_{12};$$

$$\text{if } GN \xrightarrow{S^O_{DbG}} GN_2 \text{ and } GN_2 \xrightarrow{S^O_{DbG}} GN_{21} \text{ then } GN \xrightarrow{S^O_{DbG}} GN_{21};$$

$$\text{if } GN \xrightarrow{S^O_{DbG}} GN_3 \text{ and } GN_3 \xrightarrow{S^O_{DbG}} GN_{31} \text{ then } GN \xrightarrow{S^O_{DbG}} GN_{31};$$

$$\text{if } GN \xrightarrow{S^O_{DbG}} GN_{12} \text{ and } GN_{12} \xrightarrow{S^O_{DbG}} GN_{121} \text{ then } GN \xrightarrow{S^O_{DbG}} GN_{121};$$

$if\ GN \xrightarrow{S_{DbG}^O} GN_{12}\ and\ GN_{12} \xrightarrow{S_{DbG}^O} GN_{122}\ then\ GN \xrightarrow{S_{DbG}^O} GN_{122};$
 $if\ GN \xrightarrow{S_{DbG}^O} GN_{12}\ and\ GN_{12} \xrightarrow{S_{DbG}^O} GN_{123}\ then\ GN \xrightarrow{S_{DbG}^O} GN_{123};$
 $if\ GN \xrightarrow{S_{DbG}^O} GN_{123}\ and\ GN_{123} \xrightarrow{S_{DbG}^O} GN_{1231}\ then\ GN \xrightarrow{S_{DbG}^O} GN_{1231};$
 $if\ GN \xrightarrow{S_{DbG}^O} GN_{123}\ and\ GN_{123} \xrightarrow{S_{DbG}^O} GN_{41}\ then\ GN \xrightarrow{S_{DbG}^O} GN_{41}.$

В большинстве случаев эти взаимосвязи представляют собой более глубокие соотношения (включают более трёх элементов детализации), например, в ряде случаев связь GN явно определяется через несколько уровней детализации:

$if\ GN \xrightarrow{S_{DbG}^O} GN_1\ and\ GN_1 \xrightarrow{S_{DbG}^O} GN_{12}\ and\ GN_{12} \xrightarrow{S_{DbG}^O} GN_{11}\ then\ GN \xrightarrow{S_{DbG}^O} GN_{11};$
 $if\ GN \xrightarrow{S_{DbG}^O} GN_1\ and\ GN_1 \xrightarrow{S_{DbG}^O} GN_{12}\ and\ GN_{12} \xrightarrow{S_{DbG}^O} GN_{121}\ then\ GN \xrightarrow{S_{DbG}^O} GN_{121};$
 $if\ GN \xrightarrow{S_{DbG}^O} GN_1\ and\ GN_1 \xrightarrow{S_{DbG}^O} GN_{12}\ and\ GN_{12} \xrightarrow{S_{DbG}^O} GN_{122}\ then\ GN \xrightarrow{S_{DbG}^O} GN_{122};$
 $if\ GN \xrightarrow{S_{DbG}^O} GN_1\ and\ GN_1 \xrightarrow{S_{DbG}^O} GN_{12}\ and\ GN_{12} \xrightarrow{S_{DbG}^O} GN_{123}\ and\ GN_{123} \xrightarrow{S_{DbG}^O} GN_{1231}\ then\ GN \xrightarrow{S_{DbG}^O} GN_{1231};$
 $if\ GN \xrightarrow{S_{DbG}^O} GN_1\ and\ GN_1 \xrightarrow{S_{DbG}^O} GN_{12}\ and\ GN_{12} \xrightarrow{S_{DbG}^O} GN_{123}\ and\ GN_{123} \xrightarrow{S_{DbG}^O} GN_{41}\ then\ GN \xrightarrow{S_{DbG}^O} GN_{41}.$

На основе разработанной структуры связей и определения их характера осуществлена проверка правильности построения данных связей с помощью машины логического вывода *Reasoner*. Полученные логические выводы свидетельствуют о корректности ввода данных. На рисунке 4 представлены логические выводы для взаимосвязи стратегической цели со всеми детализирующими. Логические выводы *Reasoner* показаны в *Protégé* записями на сером фоне, записи на белом фоне – знания, заложенные в редактор вручную.

2.1.2 Класс «Показатели»

Родительский класс «Показатели» S_I^C включает факторы оценки достижения целей ГП, каждый из которых соединён с соответствующей целью (целями) отношением S_{EG}^O «оценивает_цель», и означает, что фактор оценивает цель: $S_I^C = S_G^C \wedge S_{EG}^O$.

Цель имеет обратную связь S_{Sbl}^O «оценивается_показателем», которая означает, что цель оценивается указанным фактором: $S_G^C = S_I^C \wedge S_{Sbl}^O$.

Связи S_{Sbl}^O и S_{EG}^O являются взаимообратными и имеют область значения «Цели – Показатели» и «Показатели – Цели» соответственно. Данные связи имеют свойства асимметричности и иррефлексивности. Свойство асимметричности означает, что связь действует только «в одну сторону», т.е. цель оценивается показателем, но показатель целью оцениваться никогда не будет. Свойство иррефлексивности означает, что действие (связь) никогда не будет направлено на себя, т.е. показатель никогда не будет оценивать самого себя.

Класс «Показатели» имеет следующую структуру: $S_I^C = \{S_{DI}^C, S_{IDI}^C\}$, где S_{DI}^C – дочерний класс «Детализированные показатели», содержащий сведения о детализированных показателях оценки функционирования ГП, а S_{IDI}^C – дочерний класс «Индикаторы», на основе которых осуществляется детализация показателей.

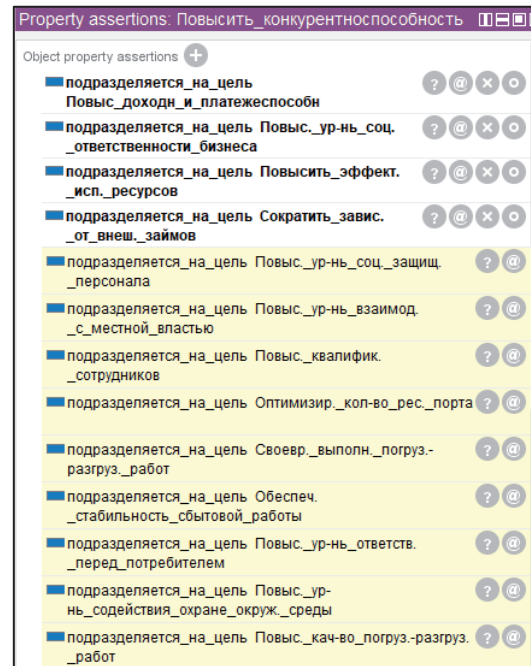


Рисунок 4 – Логические выводы инструмента *Reasoner* (взаимосвязь стратегической цели со всеми детализирующими)

Дочерний класс «Индикаторы» S^C_{IDI} подразделяется на три подкласса, отражающих виды детализированных показателей оценки функционирования ГП $S^C_{IDI} = \{ S^C_{ICT}, S^C_{ITS}, S^C_{ISS} \}$, где детализация показателя: S^C_{ICT} – по видам грузов, S^C_{ITS} – по видам предоставляемых услуг, S^C_{ISS} – по структурным подразделениям ГП. На рисунке 5 представлены подклассы и экземпляры класса «Индикаторы».

Category	Members
По видам грузов (4)	Асбест, Железо_листовое, Железо_швеллер, Песок
По видам услуг (3)	Экспедирование_грузов, Перевалка_грузов, Хранение_грузов
По структурным подразделениям	Технический_отдел, Коммерческий_отдел, Отдел_грузовых_операций, Тальманский_отдел, Обеспечивающие_отделы, Руководство_порта, Складской_комплекс

Рисунок 5 – Подклассы и экземпляры класса «Индикаторы»

Индикаторы оценки соединены с показателями связью S^O_{DI} «детализирует_показатель». Это означает, что показатель связью S^O_{DI} «детализируется_индикатором» (обратная связь S^O_{DI}) детализируется на перечисленные индикаторы. Индикатор позволяет детализировать показатель: $S^C_{IDI} = S^C_I \wedge S^O_{DI}$. Показатель связан с индикатором, детализирующим его: $S^C_I = S^C_{IDI} \wedge S^O_{DI}$. Детализированный показатель существует тогда и только тогда, когда есть индикатор, детализирующий показатель: $S^C_{DI} = S^C_I \wedge S^O_{DI} \wedge S^C_{IDI}$.

Отношения «детализирует_показатель» и «детализируется_индикатором» являются взаимнообратными, т.е. появление одной из этих связей влечёт обязательное появление другой. В связи с этим справедлива следующая формулировка: детализированный показатель есть результат детализации показателя индикатором: $S^C_{DI} = S^C_I \wedge S^C_{IDI} \wedge S^O_{DI}$.

Помимо описанных простых связей (объектных свойств) в онтологии присутствуют три составные связи: S^O_{HI} «имеет_индикатор», S^O_{DoI} «зависима_от_показателя» и S^O_{DoDI} «зависима_от_индикатора», которые рассматриваются как объектные свойства и носят составной характер. Данные связи созданы для того, чтобы отразить межуровневую зависимость между целями, оценивающими их показателями и индикаторами, напрямую детализирующими эти показатели.

Связь S^O_{HI} «имеет_индикатор» состоит из цепочки связей S^O_{SbI} «оценивается_показателем» и S^O_{DI} «детализируется_на_индикатор», объединёнными между собой оператором «о», с помощью которого задаются цепочки свойств; в owl-терминологии: $S^O_{HI} = \langle S^O_{SbI} \text{ o } S^O_{DI} \rangle$, или в виде логического выражения: $S^O_{HI} = S^O_{SbI} \wedge S^O_{DI}$.

Связь S^O_{DoI} «зависима_от_показателя» означает, что, если цель подразделяется на цель, которая напрямую оценивается показателем, то эта цель будет зависима от показателя (оценивающего цель на нижнем уровне) и состоит из цепочки связей S^O_{DbG} «подразделяется_на_цель» и S^O_{SbI} «оценивается_показателем»; в owl-терминологии: $S^O_{DoI} = \langle S^O_{DbG} \text{ o } S^O_{SbI} \rangle$, или в виде логического выражения: $S^O_{DoI} = S^O_{DbG} \wedge S^O_{SbI}$.

Связь S^O_{DoDI} «зависима_от_индикатора» означает, что, если цель подразделяется на цель, которая напрямую оценивается показателем, который в свою очередь детализируется индикатором, то эта цель будет зависима от индикатора (детализирующего показатель на нижнем

уровне) и состоит из цепочки связей S_{DbG}^O «подразделяется_на_цель», S_{Sbl}^O «оценивается_показателем» и S_{Dtl}^O «детализируется_на_индикатор»; в терминологии owl: $S_{DoDI}^O = \langle S_{DbG}^O \circ S_{Sbl}^O \circ S_{Dtl}^O \rangle$, а также в виде логического выражения $S_{DoDI}^O = S_{DbG}^O \wedge S_{Sbl}^O \wedge S_{Dtl}^O$.

Цепочки свойств этих связей представлены на рисунке 6.

2.1.3 Класс «Риски»

Родительский класс «Риски» S_R^C включает в себя дочерние классы $\{S_{SR}^C, S_{TR}^C, S_{OR}^C\}$, где: S_{SR}^C – стратегические риски, являющиеся рисками недостижения поставленных целей; S_{TR}^C – тактические риски, являющиеся рисками недостижения показателями определённых нормативных значений; S_{OR}^C – операционные риски, являющиеся рисками недостижения детализированными показателями определённых нормативных значений.

Множество рисков представляет собой либо наличие стратегического риска, либо тактического, либо операционного, т.е. наличие риска на любом из уровней управления является рискованной ситуацией для ГП: $S_R^C = S_{SR}^C \vee S_{TR}^C \vee S_{OR}^C$.

Граф построенной онтологии представлен на рисунке 7.

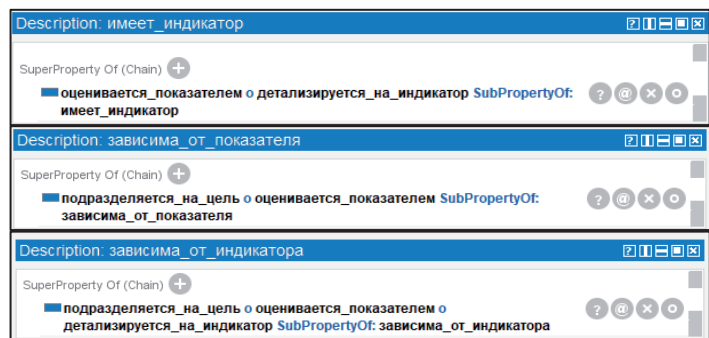


Рисунок 6 – Представление цепочек свойств составных связей

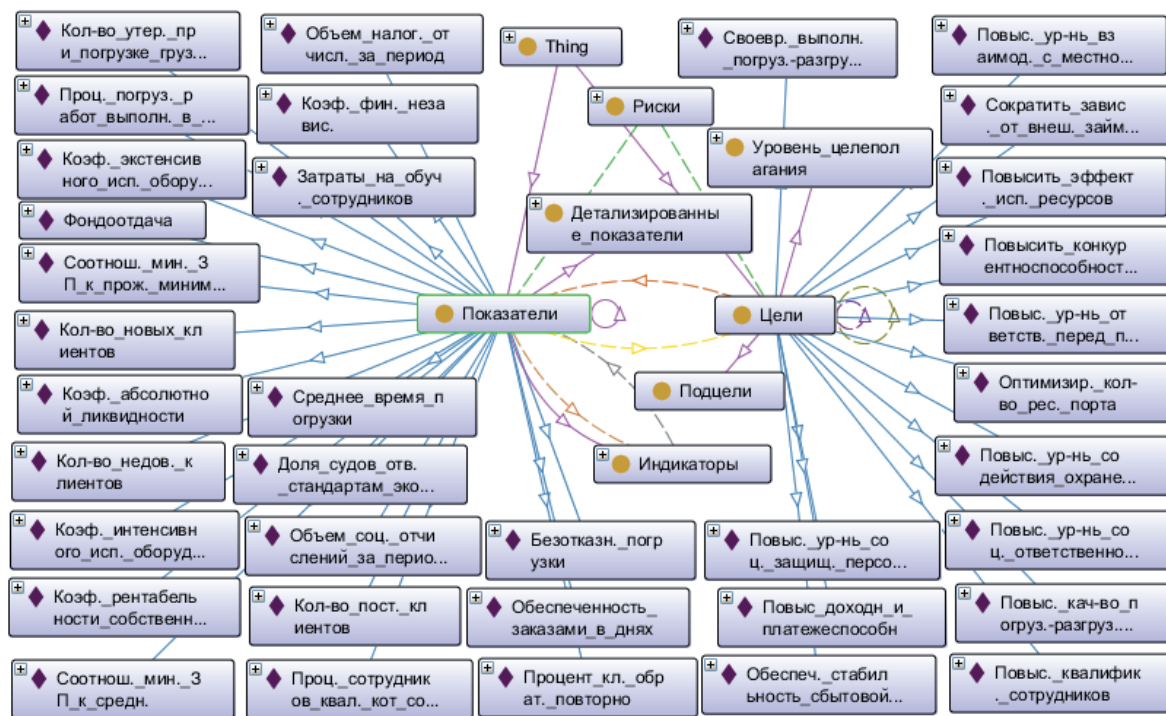


Рисунок 7 – Граф онтологической модели управления рисками грузового порта

Дочерние классы «Стратегические риски», «Тактические риски» и «Операционные риски» связаны соответственно с классами «Цели», «Показатели» и «Детализированные показатели» связью S_F^O – «недостижение». Справедливы следующие выражения:

$$S_{SR}^C = S_G^C \wedge S_F^O; S_{TR}^C = S_I^C \wedge S_F^O; S_{OR}^C = S_{DI}^C \wedge S_F^O.$$

Таким образом, связь множества (класса) рисков для ГП непосредственно с классами целей, показателей оценки и детализированных показателей реализуется следующим образом:

$$S_R^C = (S_G^C \wedge S_F^O) \vee (S_I^C \wedge S_F^O) \vee (S_{DI}^C \wedge S_F^O).$$

2.1.4 Объектные свойства и свойства данных ОМ

Все перечисленные объектные свойства ОМ представлены на рисунке 8 и описаны совокупностью $S^O = \{S_{DbG}^O, S_{CIg}^O, S_{EG}^O, S_{Sbl}^O, S_{DI}^O, S_{DIH}^O, S_F^O, S_{HI}^O, S_{DoI}^O, S_{DoDI}^O\}$.

Построенная онтология не позволяет производить расчёты с числами. Любые числа, внесённые в онтологию, будут являться статичной информацией с типом данных «число». Поэтому изменение параметров, входящих в расчёт каждого из выбранных показателей оценки (включая те, что составляют формулы расчёта), отображается посредством выбора значений «увеличивается», «уменьшается», «без изменения».

Приведённые элементы *Data properties* используются для описания свойств S^D экземпляров класса «Показатели». Основными составляющими данного множества являются следующие вложенные свойства-данные: $S^D = \{S_{FI}^D, S_{FI}^D = \{S_{I}^D\}, S_{I}^D = \{S_{SI}^D\}$, где S_{FI}^D представляет свойство данных «Формула показателя», включающее составные элементы (вспомогательные показатели) S_{SI}^D , входящие в формулу расчёта и оказывающие влияние на каждый конкретный показатель, соответствующий посредством свойства данных «Показатель» S_{I}^D одноимённому классу S_{CI}^C .

Например, свойство данных «общее количество осуществлённых работ» распространяется на элементы класса «Показатели», используется для расчёта показателя, соответствующего по наименованию свойству данных «Процент погрузочных работ, выполненных в срок», а также имеет стандартный тип свойства данных S^D «Строка» и принимает одно из значений «увеличивается», «уменьшается», «без изменения». Аналогично свойство данных «общее число клиентов» распространяется на элементы класса «Показатели», используется для расчёта показателя, соответствующего по наименованию свойству данных «Процент клиентов, обратившихся повторно», имеет стандартный тип свойства данных S^D «Строка» и принимает одно из значений «увеличивается», «уменьшается», «без изменения». Представление свойств данных показано на рисунке 9. Аналогичным образом определены все показатели онтологии.

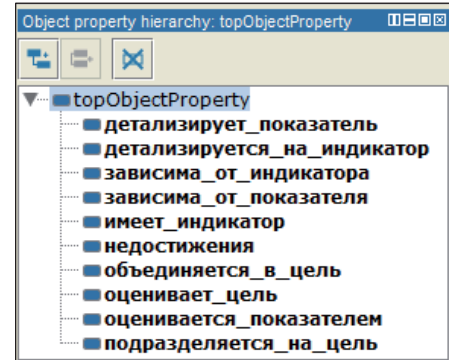


Рисунок 8 – Объектные свойства онтологической модели

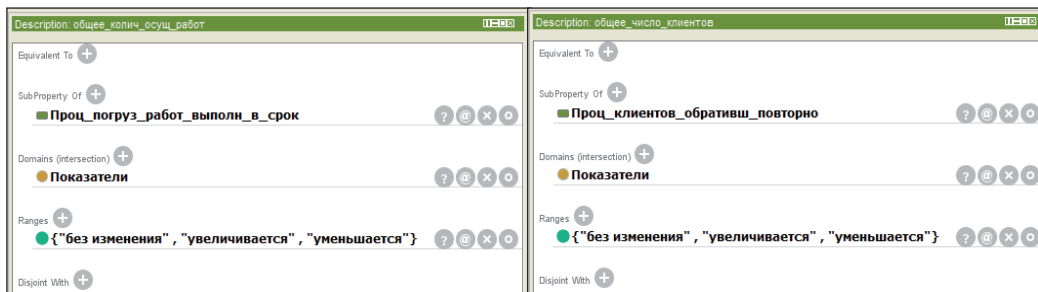


Рисунок 9 – Представление свойств данных «общее количество осуществлённых работ» и «общее количество клиентов»

Иерархия всех имеющихся элементов *Data Properties* представлена на рисунке 10.

2.1.5 Ограничения для элементов ОМ

ОМ управления рисками ГП O_{CPRM} включает в себя ограничения S^A , которые определяют связи между классами и экземплярами. Например, может быть установлено ограничение, гарантирующее, что каждая цель будет состоять из всех целей, находящихся на нижних уровнях, с которыми она связана. В построенной ОМ можно выделить следующие ограничения.

1. Одну цель может оценивать несколько показателей (отношение «один ко многим»): $S_G^C \xrightarrow{S_{Sbl}^O} S_I^C$.

2. Один показатель может оценивать несколько целей: $S_I^C \xrightarrow{S_{EG}^O} S_G^C$.

3. Одна цель может быть подразделена на несколько детализированных целей. Или цель может быть соотнесена с другой целью (включая подцель) отношением «один ко многим» для объектного свойства S_{DbG}^O : $S_G^C \xrightarrow{S_{DbG}^O} S_{DG}^C$.

4. Один индикатор может детализировать несколько показателей оценки достижения целей ГП, т.е. любой индикатор соотносится с показателем отношением «один ко многим» для объектного свойства S_{DI}^O : $S_{DI}^C \xrightarrow{S_{DI}^O} S_I^C$.

5. Любой показатель может быть детализирован только по одному из трёх представленных индикаторов детализации, т.е. любой показатель соотносится с индикатором детализации отношением «один к одному» для объектного свойства S_{DI}^O :

$S_{DI}^C \xrightarrow{S_{DI}^O} S_I^C$. Это же высказывание

в логическом выражении для конкретного индикатора содержит строгую дизъюнкцию: $S_I^C = (S_{DI}^O \wedge S_{ICT}^C) \otimes (S_{DI}^O \wedge S_{ITS}^C) \otimes (S_{DI}^O \wedge S_{ISS}^C)$.

6. Каждый риск ГП может являться стратегическим, тактическим, либо операционным, т.е. отдельный экземпляр класса «Риски» может соотноситься только с одним из трёх вариантов: $S_{Rf}^C = S_{SR}^C \otimes S_{TR}^C \otimes S_{OR}^C$, $S_{Rf}^C = (S_G^C \wedge S_F^O) \otimes (S_I^C \wedge S_F^O) \otimes (S_{DI}^C \wedge S_F^O)$, где S_{Rf}^C – экземпляр класса «Риски», $f = 1, 2, \dots, 82$ – идентификатор каждого из 82 рисков онтологии (14 стратегических рисков по количеству целей ГП, 22 тактических риска по количеству показателей и 46 операционных рисков по количеству детализированных показателей).

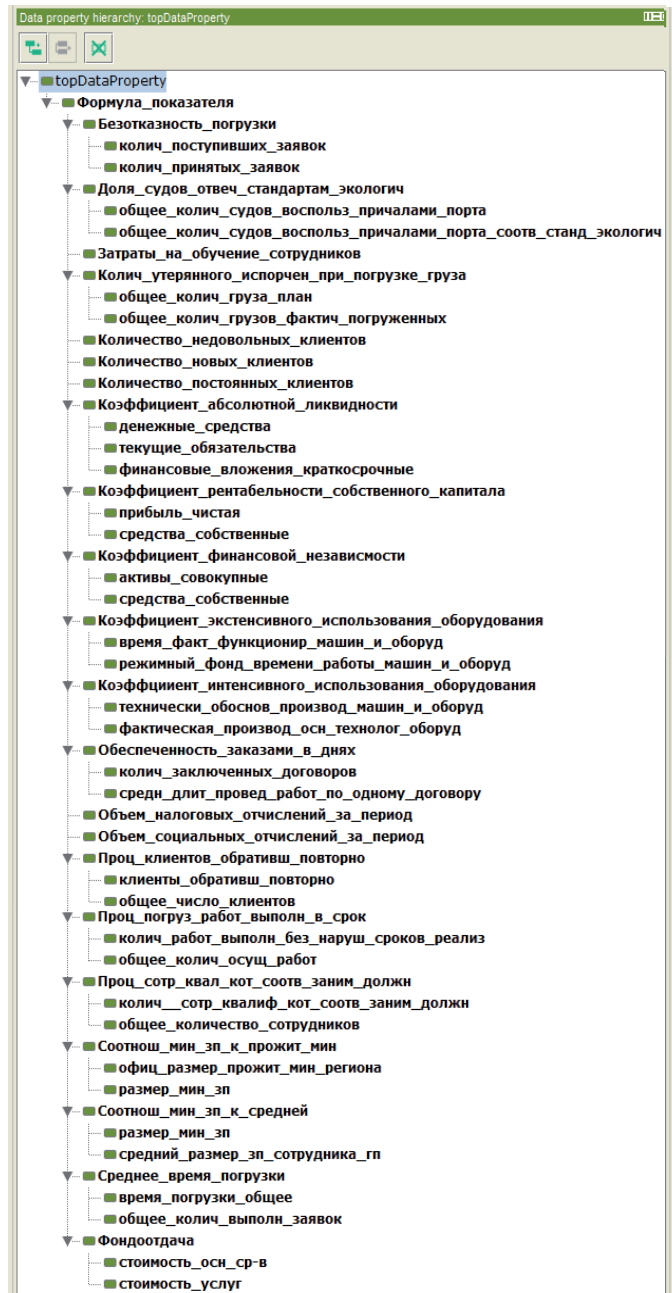


Рисунок 10 – Элементы *Data Properties*

7. Каждый стратегический риск представляет собой недостижение одной конкретной цели, т.е. любой стратегический риск может соотноситься с конкретной целью отношением «один к одному» для объектного свойства S_F^O : $S_{SR}^C \xrightarrow{S_F^O} S_G^C$.
8. Каждый тактический риск представляет собой недостижение одним конкретным показателем нормативного значения, т.е. любой тактический риск может соотноситься с конкретным показателем отношением «один к одному» для объектного свойства S_F^O : $S_{TR}^C \xrightarrow{S_F^O} S_I^C$.
9. Каждый операционный риск представляет собой недостижение одним конкретным детализированным показателем нормативного значения, т.е. любой операционный риск может соотноситься с конкретным детализированным показателем отношением «один к одному» для объектного свойства S_F^O : $S_{OR}^C \xrightarrow{S_F^O} S_{DI}^C$.
10. Цель, не являющаяся GN , т.е. любая подцель, может принадлежать только одному из четырёх уровней целеполагания: $S_{DG}^C \xrightarrow{\quad} S_{LGS}^C$. Логическое выражение описания экземпляра класса и связанное с ним ограничение имеют вид:

$$S_{DG_k}^C = (S_G^C \wedge S_{ILGS}^C) \otimes (S_G^C \wedge S_{2LGS}^C) \otimes (S_G^C \wedge S_{3LGS}^C) \otimes (S_G^C \wedge S_{4LGS}^C),$$
 где $S_{DG_k}^C$ – экземпляр класса «Подцели», т.е. конкретная подцель, $k = 1, 2, \dots, 13$ – идентификатор каждой из 13 детализированных целей (подцелей) онтологии.

3 Средства поддержки принятия решений по управлению рисками ГП

В разработанной ОМ учитываются и дублируются причинно-следственные связи между элементами многоуровневого целеполагания, особое внимание уделено процессу управления рисками. ОМ включает классы, отношения и ограничения, которые определяют предметную область, тем самым устанавливает единую терминологию для совместного использования в задаче «Управление рисками ГП». ОМ реализована в редакторе онтологий *Protégé*, использующем язык *OWL* (англ. *Web Ontology Language*) [13, 14].

Посредством запроса *Query (class expression)*, представленного на рисунке 11, можно выяснить, на какие цели может повлиять возможное к реализации решение «Увеличить затраты на обучение сотрудников тальманского отдела» [15].

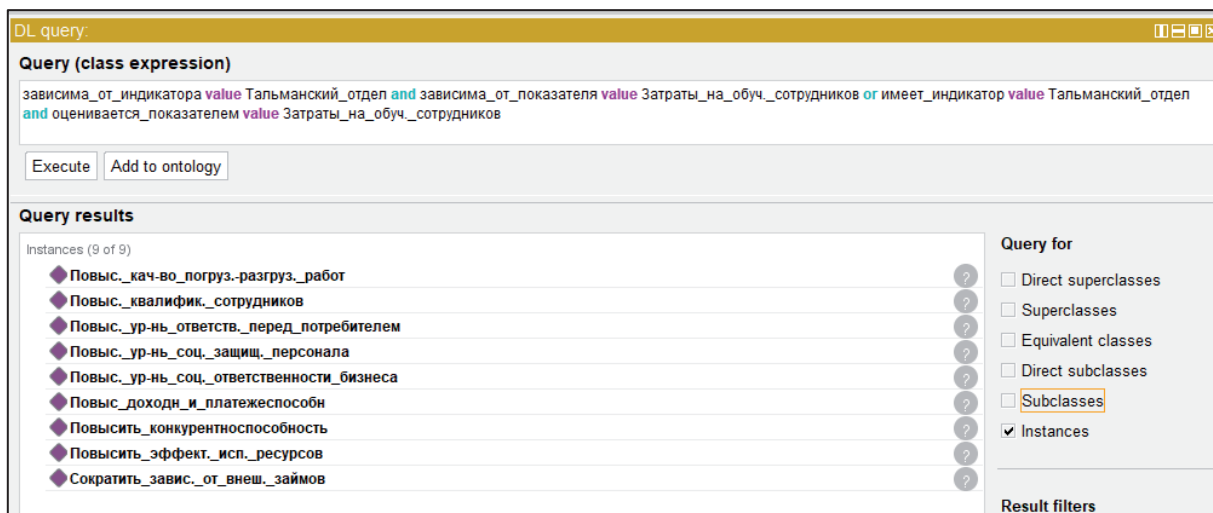


Рисунок 11 – Запрос *DL Query* и результат работы выборки

Первая часть запроса позволяет осуществить выборку по всем целям, зависимым от индикатора со значением «Тальманский отдел», и в то же время зависимым от показателя со значением «Затраты на обучение сотрудников». Вторая часть запроса обеспечивает отбор по всем целям, которые непосредственно могут быть оценены показателем «Затраты на обучение сотрудников» и имеют индикатор «Тальманский отдел». Обе части запроса объединяет логический оператор «ИЛИ». Таким образом, данный запрос позволяет отобрать все цели, которые были бы зависимы от параметров «Затраты на обучение сотрудников» и «Тальманский отдел». Каждый из представленных результатов имеет объяснение, на основе каких логических суждений этот результат попал в выборку. Например, объяснения для цели «Сократить зависимость от внешних результатов», предоставленные инструментом *Reasoner*, показаны на рисунке 12.

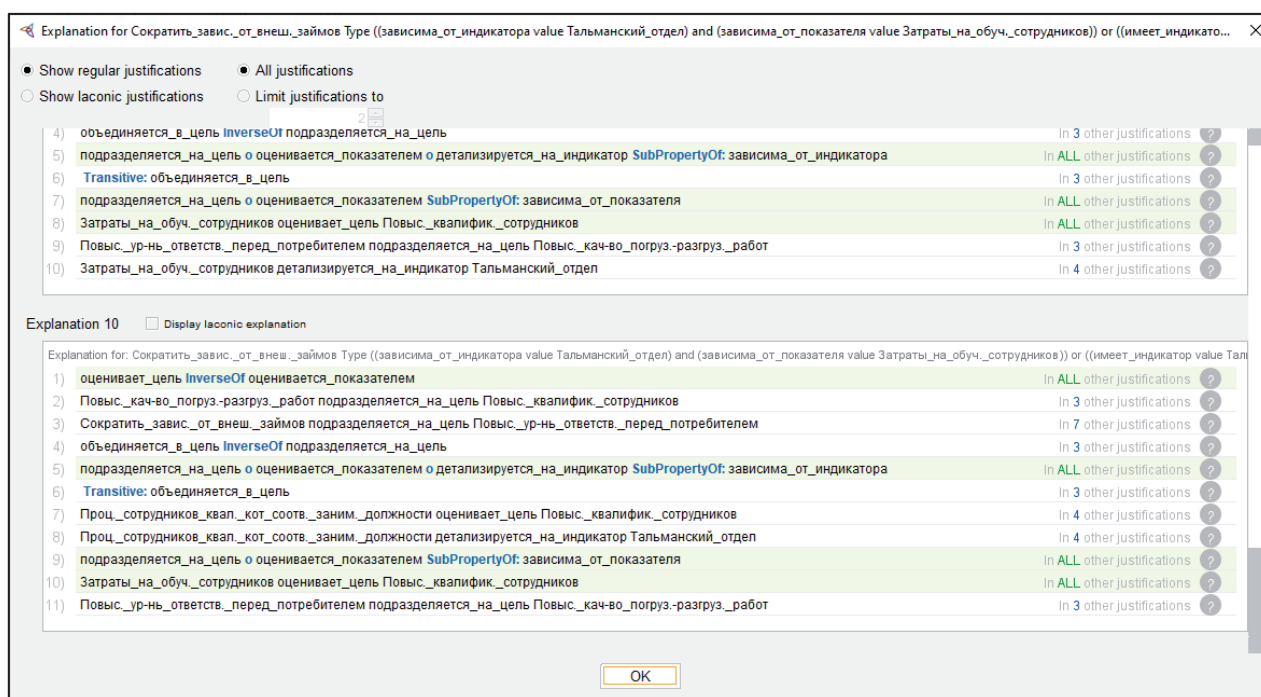


Рисунок 12 – Инструмент *Reasoner*. Объяснение полученного результата выборки

В случаях, когда не известно каким образом необходимо повлиять на тот или иной показатель, можно воспользоваться функцией «*SPARQL Query*» [16], которая позволяет делать запросы к *RDF* файлу. В данном случае *SPARQL Query* используется для выборки по показателям *Data properties*, показанным на рисунке 10, и их значениям.

Например, для того, чтобы узнать, какие цели зависят от показателей «Коэффициент абсолютной ликвидности» и «Коэффициент интенсивного использования оборудования» и что можно сделать с показателями расчёта коэффициентов, в *DL Query* делается выборка по нескольким показателям. Пример запроса в *DL Query* и его результат, представленные на рисунке 13, показывают, что *совместное* изменение этих двух коэффициентов повлияет на такие цели, как «Повысить доходность и платёжеспособность» и «Повысить конкурентоспособность».

С помощью *SPARQL Query* можно сделать запрос о значениях показателей (см. рисунок 14). В результате получено, что для увеличения показателя «Коэффициент интенсивного использования оборудования» необходимо сократить значение параметра «Технически обоснованная производительность машин и оборудования» и увеличить значение параметра «Фактическая производительность основного технологического оборудования».

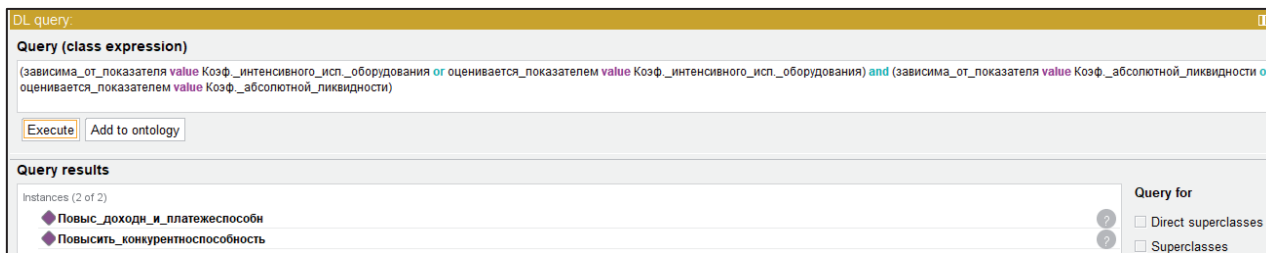


Рисунок 13 – Результат работы выборки

Аналогично был сформирован запрос о показателе «Коэффициент абсолютной ликвидности». Результат запроса позволил сделать вывод о том, что для того, чтобы «Коэффициент абсолютной ликвидности» увеличился, необходимо увеличить «Денежные средства» и «Финансовые краткосрочные вложения» и погасить «Текущие обязательства». Исходя из результатов запросов следует, что, увеличив, например, показатель «Фактическое производительность основного технологического оборудования ГП» и уменьшив «Текущие обязательства», можно повысить «Доходность и платежеспособность ГП», тем самым повлиять на *GN* компании – повышение конкурентоспособности.

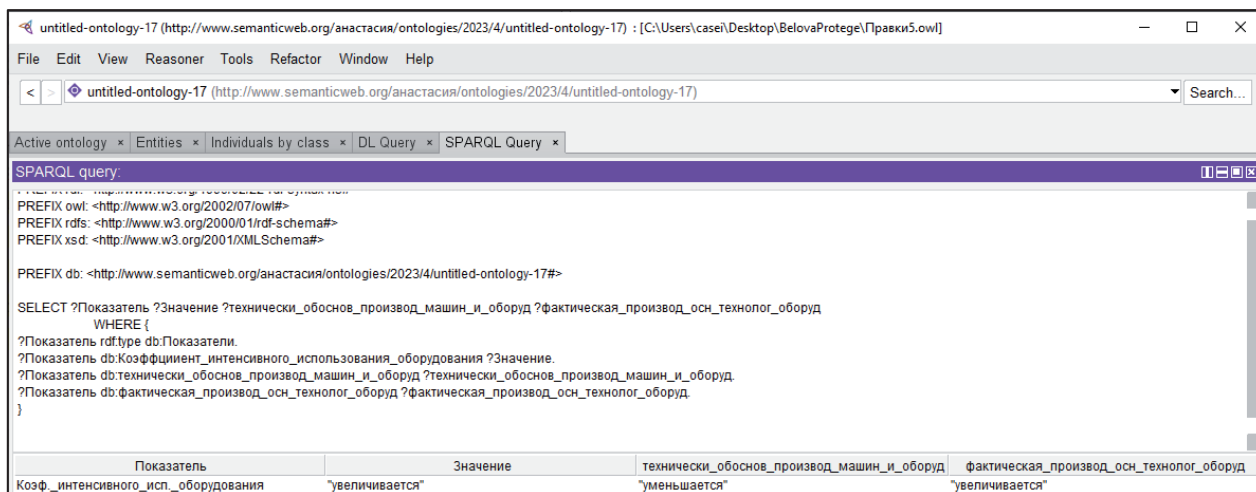


Рисунок 14 – Результат запроса в SPARQL Query

Для принятия решений по управлению рисками ГП ОМ позволяет получить конкретные рекомендации по корректировке значения показателя путём изменения значений индикаторов, детализирующих данный показатель, корректировки количества используемых ресурсов, осуществляющих бизнес-процесс в ГП и т.п.

Заключение

В статье представлено описание взаимосвязей между элементами разработанной ОМ, в основе которой лежит многоуровневое целеполагание. Управление рисками ГП осуществляется с позиции рассмотрения в качестве рисков событий ситуации недостижения поставленных целей и недостижения показателями оценки деятельности ГП нормативных значений. Особое внимание уделено описанию входящих в состав ОМ концептов-классов, объектных свойств, свойств данных, связей, логическим ограничениям, а также технологии реализации запросов к ОМ. На основе запросов к разработанной риск-ориентированной ОМ можно осуществлять выборку возможных решений для выхода из прогнозируемых рисков ситуаций в соответствии с изменяющимися условиями функционирования ГП.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- [1] *Недосекин А.О., Абдулаева З.И.* Управление корпоративными рисками и шансами. СПб., 2010. 125 с.
- [2] *Ho M.W., Ho (David) K.H.* Risk management in large physical infrastructure investments: the context of seaport infrastructure development and investment. *Maritime Econom. Log.*, 2006, no. 8 (2), p.140–168. DOI:10.1057/PALGRAVE.MEL.9100153.
- [3] *Пригожин А.И.* Цели и ценности: Новые методы работы с будущим: Философия и теория построения целей предпринимателей, организаций, социумов и новейшие методы поиска и формулирования целей разного масштаба. Руководителям. Консультантам. Коучам. Изд. 2, испр. и доп. URSS. 2023. 440 с.
- [4] *Чернышева К.С., Колетвинова Е.Ю.* Каскадирование целей в стратегическом управлении: опыт группы компаний Black Star // Вестник университета правительства Москвы. 2020. № 4 (50). С.36–40.
- [5] *Protalinsky O., Khanova A., Bondareva I., Averianova K., Khanova Y.* Cognitive Model of the Balanced Scorecard of Manufacturing Systems. Recent Research in Control Engineering and Decision Making. ICIT 2020. Studies in Systems, Decision and Control. Springer, Cham., 2021, vol. 337. DOI:10.1007/978-3-030-65283-8_47.
- [6] *Solozhentsev E.* Logic and probabilistic risk models for management of innovations system of country. *International Journal of Risk Assessment and Management*, 2015, vol. 18, iss. 3–4, p.237–255. DOI:10.1504/IJRAM.2015.071211.
- [7] *Соложенцев Е.Д.* Технологии управления риском в структурно-сложных системах. СПб.: С.-Петерб. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения, 2013. 435 с.
- [8] *Solozhentsev E., Karasev V.* Hybrid logical and probabilistic models for management of socioeconomic safety. *International Journal of Risk Assessment and Management*, 2018. Vol. 21, Issue 1-2: P.89-110. DOI:10.1504/IJRAM.2018.090258.
- [9] *Бондарева И.О.* Комплексный анализ рисков грузового порта на основе логико-вероятностного и имитационного моделирования // Известия Юго-Западного государственного университета. 2020. Т.24. № 4. С.91-106.
- [10] *Bondareva, I., Khanova, A.A.* Multi-level Management of Organizational Systems on the Basis of Risk Cascading, Logical-Probabilistic Modeling and Simulation. *Studies in Systems, Decision and Control*, vol 416. Springer, Cham. 2022. P. 157-166. DOI: 10.1007/978-3-030-95112-1_13.
- [11] *Анисимов О.В., Коробко В.А., Догадов А.С., Зюзина А.Д.* Способ формирования дескриптивной модели процесса оперативного восстановления изделий ВВТ группировки ПВО на основе онтологий // Научные технологии в космических исследованиях Земли. 2020. Т.12. № 3. С.30-46. DOI: 10.36724/2409-5419-2020-12-3-30-46.
- [12] *Uschold M., Gruninger M.* Ontologies: Principles, methods and applications. *Knowledge Engineering Review*, 1996. 11(2), P.93-136.
- [13] *Noy N.F., McGuinness D.L.* Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology. Technical Report. Stanford Knowledge Systems Laboratory, 2001. 25 p.
- [14] *Муромцев Д.И.* Онтологический инжиниринг знаний в системе Protégé. СПб: Изд-во СПб ГУ ИТМО, 2007. 62 с.
- [15] *Ланшин В.А.* Онтологии в компьютерных системах. М.: Научный мир, 2010. 222 с.
- [16] *Gomez-Perez A., Fernandez-Lopez M., Concho O.* Ontological engineering: with examples from the areas of knowledge management, e-commerce and the semantic web. Springer-Verlag London Limited, 2004. 404 p.

Сведения об авторе

Бондарева Ирина Олеговна, 1984 г. рождения. Окончила Астраханский государственный технический университет в 2007 г., к.т.н. (2010). Заведующая кафедрой «Прикладная информатика», доцент кафедры «Прикладная информатика» Астраханского государственного технического университета. В списке научных трудов более 70 работ в области компьютерного моделирования и поддержки принятия решений по управлению организационными системами. Author ID (РИНЦ): 763592; Author ID (Scopus): 57220203960. *i.o.bondareva@mail.ru*.



Поступила в редакцию 26.12.2023, после рецензирования 10.01.2024. Принята к публикации 2.02.2024.



Logical ontological modeling of cargo port risk management

© 2024, I.O. Bondareva

Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia

Abstract

Enterprises in any field, including those in the transport and logistics sector, are faced with the need to gain a competitive advantage through the use of innovative management methods. These include the integrated use of methods for managing organizational systems along with the use of advanced tools and technologies. Particular attention is paid to risk management in order to prevent undesirable situations. This paper is the first to present a description of a logical ontological model for the integrated application of multi-level goal setting based on a balanced scorecard (BSC) and logical probabilistic (LP) modeling to support decision-making on cargo port risk management. Situations of failure to achieve the goals of the cargo port, including failure to achieve standard values of indicators, are considered as risks. The integrated use of BSC and LP modeling technologies made it possible to build a general concept of multi-level goal setting. Its main advantage lies in the detailed elaboration of the company's goals, which are subordinated to the main strategic goal. This makes it possible to influence operational events and obtain positive results in tactical and strategic plans. The ontological model contains all the information about the components interaction that influence the risk events and makes it possible to select options for exiting a risk situation in accordance with specified conditions. The results of queries to a risk-oriented ontological model are options for management decisions aimed at reducing risks in the operation of a cargo port.

Keywords: logical ontological modeling, risk management, balanced scorecard, multi-level goal setting, decision making, cargo port.

For citation: Bondareva IO. Logical ontological modeling of cargo port risk management [In Russian]. *Ontology of Designing*. 2024;14(1): 119-133. DOI:10.18287/2223-9537-2024-14-1-119-133.

Conflict of interest: The author declares no conflict of interest.

List of figures

- Figure 1 – Hierarchical structure of ontological model classes
- Figure 2 – Instances of the “Goals” and “Indicators” classes
- Figure 3 – Tree of the cargo port objectives
- Figure 4 – Logical conclusions of the Reasoner tool (relationship of the strategic goal with all the detailing ones)
- Figure 5 – Subclasses and instances of the “Indicators” class
- Figure 6 – Representation of compound link property chains
- Figure 7 – Graph of the ontological model of cargo port risk management
- Figure 8 – Object properties of the ontological model
- Figure 9 – Data property view of the “total number of completed works” and “total number of clients”
- Figure 10 – Data properties elements
- Figure 11 – DL Query and the result of the selection
- Figure 12 – Reasoner tool. Explanation of the resulting sample result
- Figure 13 – Result of sampling
- Figure 14 – Query result in SPARQL Query

References

- [1] Nedosekin AO, Abdulaeva ZI. Management of corporate risks and chances: training course [In Russian]. St. Petersburg, 2010. 125 p.
- [2] Ho MW, Ho (David) KH. Risk management in large physical infrastructure investments: the context of seaport infrastructure development and investment. *Maritime Econom. Log.*, 2006; 8(2): 140–168. DOI:10.1057/palgrave.mel.9100153.

-
- [3] **Prigozhin AI.** Goals and values: New methods of working with the future: Philosophy and theory of building goals for entrepreneurs, organizations, societies and the latest methods of searching and formulating goals of different scales. To managers. Consultants. For coaches. Ed. 2, rev. and additional URSS. 2023. 440 p.
- [4] **Chernysheva KS, Koletvinova EYu.** Cascading goals in strategic management: the experience of the Black Star group of companies [In Russian]. *Bulletin of the Moscow Government University.* 2020; 4(50): 36–40.
- [5] **Protalinsky O, Khanova A., Bondareva I, Averianova K, Khanova Y.** Cognitive Model of the Balanced Scorecard of Manufacturing Systems. Recent Research in Control Engineering and Decision Making. ICIT 2020. Studies in Systems, Decision and Control. Springer, Cham., 2021, vol. 337. DOI:10.1007/978-3-030-65283-8_47.
- [6] **Solozhentsev E.** Logic and probabilistic risk models for management of innovations system of country. *International Journal of Risk Assessment and Management,* 2015, vol. 18, iss. 3–4, pp. 237–255. DOI:10.1504/IJRAM.2015.071211.
- [7] **Solozhentsev ED.** Risk management technologies in structurally complex systems: textbook [In Russian]. St. Petersburg: GUAP, 2013. 435 p.
- [8] **Solozhentsev E, Karasev V.** Hybrid logical and probabilistic models for management of socioeconomic safety. *International Journal of Risk Assessment and Management,* 2018; 21(1-2): 89-110. DOI:10.1504/IJRAM.2018.090258.
- [9] **Bondareva IO.** Comprehensive risk analysis of a cargo port based on logical probabilistic and simulation modeling [In Russian]. In: News of the South-West State University. 2020; 24(4): 91-106.
- [10] **Bondareva, I., Khanova, A.A.** Multi-level Management of Organizational Systems on the Basis of Risk Cascading, Logical Probabilistic Modeling and Simulation. Studies in Systems, Decision and Control, vol 416. Springer, Cham. 2022. P. 157-166. DOI: 10.1007/978-3-030-95112-13
- [11] **Anisimov OV, Korobko VA, Dogadov AS, Zyuzina AD.** A method for forming a descriptive model of the process of operational restoration of weapons and military equipment of an air defense group based on ontologies [In Russian]. In: Science-intensive technologies in space research of the Earth. 2020; 12(3): 30-46. DOI:10.36724/2409-5419-2020-12-3-30-46.
- [12] **Uschold M, Gruninger M.** Ontologies: Principles, methods and applications. *Knowledge Engineering Review,* 1996; 11(2): 93-136.
- [13] **Noy NF, McGuinness DL.** Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology. Technical Report. Stanford Knowledge Systems Laboratory, 2001. 25p.
- [14] **Muromtsev DI.** Ontological knowledge engineering in the Protégé system [In Russian]. St. Petersburg: Publishing house of St. Petersburg State University of ITMO, 2007. 62 p.
- [15] **Lapshin VA.** Ontologies in computer systems [In Russian]. M.: Scientific world, 2010. 222 p.
- [16] **Gomez-Perez A, Fernandez-Lopez M, Concho O.** Ontological engineering: with examples from the areas of knowledge management, e-commerce and the semantic web. Springer-Verlag London Limited, 2004. 404 p.
-

About the author

Irina Olegovna Bondareva (b. 1984) graduated from the Astrakhan State Technical University in 2007, PhD (2010). She is the Head of the Department of Applied Informatics and an Associate Professor of the Department of Applied Informatics at the Astrakhan State Technical University. The list of scientific papers includes more than 70 works in the field of computer modeling and decision support for managing organizational systems. Author ID (RSCI): 763592; Author ID (Scopus): 57220203960. i.o.bondareva@mail.ru.

Received December 26, 2023. Revised January 10, 2024. Accepted February 2, 2024.
